

ПРИРОДА

5 06



В НОМЕРЕ:

- 3** Горелик Г.Е.
Отцы водородной бомбы
К 85-летию Андрея Дмитриевича Сахарова

Лекторий

- 15** Еремин В.В.
Квантовая динамика окислительно-восстановительных реакций

Если за время переноса электрона от восстановителя к окислителю в системе ядер успевает установиться равновесие, окислительно-восстановительную реакцию можно описывать методами химической кинетики. При рассмотрении же сверхбыстрых реакций необходимо применять квантовую динамику.

- 23** Каменский А.А., Дубынин В.А.,
Беляева Ю.А.
Экзорфины — хорошо или плохо?

Известно, что при расщеплении пищевых белков в организме образуются пептиды, обладающие биологической активностью. К ним относятся и экзорфины, опиоидные пептиды, влияние которых оценить далеко не так просто.

- 30** **Калейдоскоп**

Мавританское «око» Африки (30). Палинология на службе криминалистики (30). Коренное население Арктики и глобальные изменения климата (30). Слоны — раздражители звука (30). Синхротронное излучение «читает» античные надписи (47). Тростниковая камышовка становится редким видом (47). Перхлорат в материнском молоке (57). Секреты большой белой акулы (57). Некрополь под обелиском (57).

- 31** Расцветаева Р.К.
Как открыть новый минерал

- 39** Бондаренко А.Л.
Эль-Ниньо — Ла-Нинья: механизмы формирования

Изучение реальной динамики и температурного режима вод экваториальной зоны Тихого океана позволило объяснить механизм явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья.

- 48** Глазко В.И.
Чернобыль 20 лет спустя

Вокруг Чернобыля сложилось немало легенд. Еще совсем недавно горячо обсуждали появление в зоне отчуждения всевозможных монстров. Речь шла о чудовищных мутациях, ускорении эволюции. Но все это — по слухам. Какие же генетические изменения можно реально связать с Чернобылем?

- 54** Авдейчик О.С., Богданов Н.Н.
Эта загадочная норма

- 58** Сенников А.Г.
Читая следы сегнозавров

Не только окаменевшие кости животного, когда-то обитавшего на Земле, но и отпечатки конечностей, дорожки следов могут многое сказать палеонтологу. Например, ходило оно на двух или четырех ногах, с какой скоростью передвигалось, как охотилось (если было хищником), какой вело образ жизни.

Вести из экспедиций

- 68** Лаухин С.А., Стасюк И.В.
Дербинский археологический район: позднелепестчатые охотники Восточного Саяна

Заметки и наблюдения

- 79** Булавинцев В.И.
Трясогузки на крыше

- 81** **Новости науки**

У коричневых карликов образуются планеты (81). Подсчитаны сверхновые в нашей Галактике (81). Лед в нанотрубках при комнатной температуре (82). Прозрачный листовый материал из углеродных нанотрубок (82). Бактерия *Wolbachia* помогает дроздофилам и вредит генетикам. Петров П.Н. (83). Генофонд бурых лягушек. Макеева В.М., Малюченко О.П., Белоконов М.М. (84). Загадочное образование метана растениями. Гиляров А.М. (84). Новые тест-системы для вируса гриппа А (85). Взрослые самки более требовательны. Опаев А.С. (85). Источники загрязнения Калининградского взморья (86). Ящерица в янтаре. Семенов Д.В. (87).
Коротко (67, 78)

Рецензии

- 88** Наумов Г.Б.
Крымские рапсодии

- 90** **Новые книги**

- 92** Болотовский Б.М.
Сахарная голова

Встречи с забытым

CONTENTS:

- 3** **Gorelik G.E.**
Fathers of Hydrogen Bomb
 To 85th Anniversary of Andrey Dmitrievich Sakharov

Lectures

- 15** **Eremin V.V.**
Quantum Dynamics of Redox Reactions
Redox reaction can be described using ordinary chemical kinetics, if reaction is sufficiently «slow» so that vibrational equilibrium is established. Ultrafast reactions occurring on femtosecond time scale require quantum dynamic approach.

- 23** **Kamensky A.A., Dubynin V.A., Belyaeva Yu.A.**
Exorphines: For the Better or for the Worse?
It is known that breaking up of food proteins in organism produces biologically active peptides. These include also exorphines, the opioid peptides, whose effects are complicated and their estimation is not an easy task.

- 30** **Kaleidoscope**
 Mauritanian «Eye» of Africa (30). Palynology at the Service of Criminology (30). Native Arctic Population and Global Climate Change (30). Elephants and Onomatopoeia (30). Synchrotron Radiation «Reads» Classical Manuscripts (47). Reed Warbler Becomes a Rare Species (47). Perchlorate in Maternal Milk (57). Secrets of Great White Shark (57). Necropolis under Obelisk (57).

- 31** **Raszvetaeva R.K.**
How to Discover a New Mineral

- 39** **Bondarenko A.L.**
El Ninjo – La Ninja: Underlying Mechanism
Study of real dynamics and temperature condition of Pacific equatorial waters allows to explain the mechanism of El Ninjo – La Ninja phenomenon.

- 48** **Glazko V.I.**
Chernobyl 20 Years Later
A lot of legends surround Chernobyl. Very recently there were hot disputes about emergence of all kinds of monsters in contaminated zone. There were rumors about monstrous mutations, deformities and evolution speeding-up. But all these were only rumors. What real genetic changes can be associated with Chernobyl?

- 54** **Avdejchik O.S., Bogdanov N.N.**
This mysterious norm

- 58** **Sennikov A.G.**
Reading Footprints of Segnosaures
Not only fossilized bones of animals inhabiting Earth millions years ago, but also their footprints and traces can tell a lot to paleontologist. For example, was this animal bipedal or tetrapedal, how rapidly it walked, what were it's hunting habits (if it was predatory) and way of life.

News From Expeditions

- 68** **Laukhin S.A., Stasyuk I.V.**
Derbinsky Archeological Province: Late Paleolithic Hunters of Eastern Sayan

Notes and Observations

- 79** **Bulavintzev V.I.**
Wagtails on the Roof

- 81** **Scientific News**

Planets Are Formed Near Brown Dwarfs (81). Supernovae in our Galaxy Have Been Counted (81). Ice in Nanotubes at Room Temperature (82). Transparent Sheet Material Made from Carbon Nanotubes (82). *Wolbachia* Bacterium Helps to Fruit Flies and Hinders Geneticists. **Petrov P.N.** (83). Genetic Pool of Common Frogs. **Makeeva V.M., Maluchenko O.P., Belokon M.M.** (84). Mysterious Methane Production by Plants. **Ghilyarov A.M.** (84). New Test-Systems for Influenza Virus Type A (85). Adult Females Are More Exacting. **Opaev A.S.** (85). Sources of Kaliningrad Shores Pollution (86). Lizard in Amber. **Semenov D.V.** (86).
In Brief (67, 78)

Book Reviews

- 88** **Naumov G.B.**
Crimean Rhapsodies

- 90** **New Books**

- 92** **Bolotovskiy B.M.**
A Sugar Loaf

Encounters with Forgotten

Отцы водородной бомбы

К 85-летию Андрея Дмитриевича Сахарова

Г.Е.Горелик,
кандидат физико-математических наук
Бостон (США)

Сверхсекретность и две параллельные истории

Есть очевидные основания противопоставить Эдварда Теллера и Андрея Сахарова — «отцов» американской и советской водородных бомб. Профессиональная общность этих физиков-теоретиков и изобретателей ядерного оружия лишь подчеркивает контраст их общественно-политических ролей по разные стороны мировой баррикады в эпоху холодной войны. Один неизменно проповедовал политику с позиции силы, а другой, после крутого идейного поворота, — предложил разбирать саму баррикаду посредством интеллектуальной свободы.

Еще разительнее контраст в том, как эти два человека воспринимались — и все еще воспринимаются — публикой. В американском физике привыкли видеть доктора Стренджлава (из одноименной киносатиры Стенли Кубрика) — бездушного теоретика, готового на все ради нового сверхоружия и собственного величия. А в российском физике усматривают горькое раскаяние в своих термоядерных изобретениях и стремление искупить грех пацифиз-

мом и самоотверженной любовью к ближним, чем он, якобы, и заслужил Нобелевскую премию мира.

Мнение самого Сахарова на этот счет довелось по-настоящему выслушать лишь после его смерти, когда были опубликованы его «Воспоминания». И лишь после краха советского режима это мнение удалось, благодаря рассекреченным архивам, проверить и дополнить. В итоге стало ясно, что популярный образ не соответствует действительности. Сахаров никогда не раскаивался в своих военно-технических изобретениях, вовсе не был пацифистом, а его гуманитарная метаморфоза произошла благодаря профессиональным знаниям в области стратегического оружия и личному опыту в общении с советским руководством [1]. Но эта реальная — «рассекреченная» — подоплека нисколько не изменила содержания выношенной им и совершенно открытой позиции, согласно которой: *«Мир, прогресс, права человека — эти три цели неразрывно связаны, нельзя достигнуть какой-либо одной из них, пренебрегая другими»*. Так начинается его Нобелевская лекция [2].

Иначе — с Теллером. Ему рта не затыкали — свободу слова обеспечивала конституция, и



А.Д.Сахаров.

его взгляды, в сущности, не менялись. Ограничения секретности, естественные в области стратегического оружия, действовали в равной мере и для защитников Теллера, и для его обвинителей. Однако если говорить об американской интеллигенции, пишущей статьи и книги, считанные голоса защиты практически полностью заглушаются обвинениями.

Публичную репутацию Теллера губят два обвинения —



Э.Теллер в молодые годы.

и оба связаны с водородной бомбой. Ему ставят в вину, во-первых, преуменьшение или даже отрицание вклада математика Станислава Улама в изобретение (в 1951 г.) водородной бомбы, принцип которой носит оба имени: Теллера—Улама. Во-вторых, Теллера винят в политическом крушении «отца атомной бомбы» Роберта Оппенгеймера в 1954 г. При этом ключевым фактором считается противодействие Оппенгеймера созданию водородной бомбы в надежде, что Советский Союз последовал бы примеру ядерной сдержанности США.

К этому следует добавить, что Сахаров принципиально расходился с Теллером в двух важных научно-политических вопросах, поворотных в его, Сахарова, собственной «гуманитарной карьере», — об атмосферных испытаниях и о стратегической противоракетной обороне.

И тем не менее вопреки, казалось бы, всему сказанному, Сахаров считал, что «Теллер исходил из принципиальных позиций в очень важных вопросах», а отношение американских коллег к Теллеру он назвал «несправедливым (и даже — неблаго-

родным)». Противостояние Теллера и Оппенгеймера в проблеме водородной бомбы, по мнению Сахарова, — «трагическое столкновение двух выдающихся людей», на которое он смотрел «с равным уважением к обоим», поскольку «каждый из них был убежден, что на его стороне правда, и был морально обязан идти ради этой правды до конца» [3].

Если же иметь в виду проблему международной безопасности в период создания водородной бомбы, на рубеже 1950-х годов, Сахаров фактически соглашался с позицией Теллера. На основе своего опыта общения с советскими руководителями Сахаров считал, что они «ни в коем случае не отказались бы от попыток создать [новое оружие]. Любые американские шаги временного или постоянного отказа от разработки термоядерного оружия были бы расценены либо как хитроумный, обманный, отвлекающий маневр, либо как проявление глупости или слабости. В обоих случаях реакция была бы однозначной — в ловушку не попадаться, а глупостью противника немедленно воспользоваться».

Разумеется, даже политическая правота Теллера не оправдывает автоматически всех его поступков в моральном отношении. И способность Сахарова разоблачить в «столкновении двух выдающихся» американских физиков легко поставить под вопрос на том основании, что жил он слишком далеко от сцены американских событий, в которых к тому же активно участвовали и разные влиятельные нефизики, вплоть до президента США.

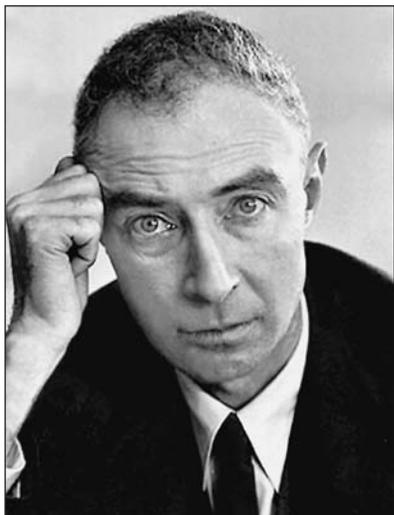
Другое дело — само изобретение водородной бомбы. Там лишь наука и техника и обычная научная этика в отношении к авторству и соавторству. Сахаров не высказывался о проблеме соавторства Теллера—Улама. Возможно, он толком и не знал остроты проблемы. Но если бы

и знал, высказаться вряд ли мог по причине, о которой написал во время ссылки: «О периоде моей жизни и работы в 1948—1968 гг. я пишу с некоторыми умолчаниями, вызванными требованиями сохранения секретности. Я считаю себя пожизненно связанным обязательством сохранения государственной и военной тайны, добровольно принятым мною в 1948 году, как бы ни изменилась моя судьба».

Секретность, несомненно, мешает выяснять проблемы термоядерной истории, которые имеются по обе стороны бывшего «железного занавеса». В США это проблема соавторства Теллера и Улама в «механизме Теллера—Улама», изобретенном в 1951 г. и испытанном в 1952-м. В России же существует проблема независимости соответствующего аналога — так называемой Третьей идеи, выдвинутой в 1954 г. и испытанной в 1955-м. А если эта независимость доказана, то возникает еще и проблема соавторства, о котором Сахаров, как мы увидим, высказался озадачивающе неопределенно.

Однако в данном случае секретность не только создает проблемы, но и дает редкую возможность для истории науки. Именно сверхсекретность обеспечила две почти изолированные — параллельные — истории, пригодные для сопоставления и «взаимного контроля». Сопоставлять и сравнивать стало возможно уже после смерти Сахарова, когда крушение советской системы секретности раскрыло изрядное количество документальных фактов, касающихся истории водородной бомбы. Открылись и рты советских ядерных ветеранов — появилась «устная история», помогающая понимать архивные документы.

Совместное рассмотрение соответствующих исторических событий в США и СССР проливает взаимный свет на указанные проблемы.



Р.Оппенгеймер



С.Улам.



Х.Бете.

Кто отец американской водородной бомбы?

В истории американской водородной бомбы поворотные события произошли в 50—51-м годах. Сначала расчеты математика Улама указали на практическую неосуществимость тогдашнего проекта водородной бомбы (названного *Classical Super*). А осуществимый проект, согласно господствующей версии, начался с принципиально новой идеи, которую выдвинул Улам (в начале 1951 г.) и которую Теллер развил в конструкции, известной ныне под именем Теллера—Улама. При этом Уламу приписывают как минимум половину заслуг [4]. У этой версии, однако, есть проблемы.

Во-первых, с ней не соглашался Теллер. Когда его далеко не в первый раз спросили с журналистской вежливостью, действительно ли на его долю приходится 51% заслуг, а на долю Улама — 49, Теллер едко ответил, что претендует на 101%, оставляя Уламу «минус один» [5]. Это несогласие, однако, мало беспокоит тех, кто все признание Теллера считает подорванными его свидетельством против Оппенгеймера в 1954 г. Позицию скептиков суммирует

ехидная фраза: «Теллер, быть может, и отец водородной бомбы, но Улам несомненно спал с ее матерью» [6].

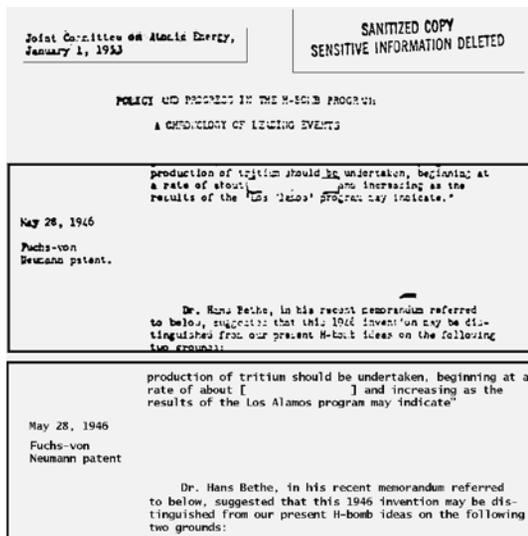
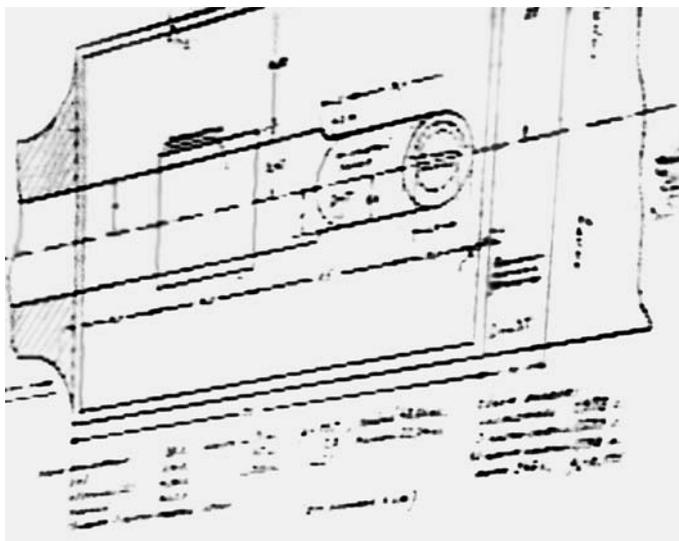
Гораздо более серьезную проблему представляет мнение Ханса Бете. Его информированность, научное положение и моральные устои никто не ставит под сомнение. Он был главным теоретиком Лос-Аламоса, Нобелевскую премию получил за термоядерную физику, и кроме того, можно сказать, был первым историком американской водородной бомбы, поскольку еще в мае 1952 г. написал «Записку об истории термоядерной программы» (впоследствии частично рассекреченную). По его тогдашнему мнению, именно Теллер открыл «совершенно новый подход к термоядерным реакциям», это открытие было «делом вдохновения и, следовательно, непредсказуемым», «в большой степени случайным»*. И свое мнение Бете повторил не раз. Так, в 1954 г., на слушаниях по делу Оппенгеймера (которого он, следует заметить, активно защищал), Бете сказал о «гениальном прозрении» Теллера в изобретении водородной бомбы.

* «entirely new approach to thermonuclear reactions», «was a matter of inspiration, and it was, therefore, unpredictable», «largely accidental» [7].

В статье 1968 г. напомнил, что «решающее изобретение сделал в 1951 году Теллер» [8. P.175—220]. А в 1988 г. суммировал: «На каждой стадии программы водородной бомбы Теллер вносил идей больше, чем кто-либо другой, и этот факт никогда не следует затемнять» [9].

Как ни странно, это мнение Бете фактически игнорируется. И как ни парадоксально, первый, кто не согласился со столь высоким мнением, был сам Теллер. Отвечая на «Записку» Бете, он заметил, что «трудно спорить о том, в какой мере данное изобретение случайно, особенно трудно для того, кто сам не делал этого изобретения», и охарактеризовал свое изобретение как относительно небольшую модификацию идей, известных уже в 1946 г. [10].

Разумеется, никакой авторитет Бете не делает его суждения непогрешимыми. А скептическое замечание Теллера можно было бы использовать для «подрыва его авторитета». Но не используется (вероятно, потому, что не очень сочетается с манерой величия, которую подозревают в Теллере). Вместо этого в поддержку канонической версии используются мнения других коллег Теллера, прежде всего мнение Карсона Марка, заняв-



Слева: схема водородной бомбы из разведматериала Фукса, полученного весной 1948 г. Справа: фрагмент рассекреченного с купюрами документа «Policy and Progress in the H-bomb Program: A Chronology of Major Events», Joint Committee on Atomic Energy, Jan. 1, 1953. Указан патент Фукса—фон Неймана от 28 мая 1946 г., но его описание удалено.



К. Фукс.

шего пост Бете во главе теоретического отдела в Лос-Аламосе:

«Улам считал, что новый подход к водородной бомбе изобрел он. Теллер не желал этого признать. <...> Думаю, я знаю точно, что произошло в их взаимодействии. Эдвард яростно не согласился бы с тем, что я скажу. Дело обстояло гораздо ближе к тому, как это видел Улам» [4. Р.471].

Но если Бете и Марк, столь информированные и столь близкие к «эпицентру» событий, имеют столь разные мнения об авторстве-соавторстве Улама и Теллера, то выяснить историческую истину действительно нелегко. И вряд ли помогло бы рассекречивание главного документа — совместно-раздельного отчета Теллера и Улама «Гидродинамические линзы и Радиационные зеркала», датированного весной 1951 г. Описание этого отчета разными допущенными к секретам людьми сходятся в том, что это фактически два отчета в одной обложке. Гидродинамические линзы Улама — это предложение сжать термоядерный заряд механическими продуктами атомного взрыва, а Радиационные зеркала Теллера предлагают для этой цели использовать излучение атомного взрыва, или радиационную имплозию. Не вникая в конкретные научно-технические детали, напомним, что первое оказалось невозможным, а второе стало основой термоядерного оружия.

Но весь вопрос в том, какое «творческое» расстояние отделяет первое от второго. По мнению Бете — огромное, по мне-

нию Марка — совсем небольшое. В пределах американской истории приходится ступить на зыбкую тропу сопоставления самих экспертов, где прост лишь первый шаг — сопоставить их по «основной профессии»: Марк и Улам — математики, а Бете и Теллер — физики. На этой тропе можно надеяться понять, почему у этих экспертов столь различные мнения, но не то, кто из них прав. Хотя бы потому, что к обоим относится замечание Теллера — они *не делали этого изобретения*.

В «параллельном мире»

«Параллельная» история, кратко напомним, началась с первых разведанных о «сверхбомбе», поступивших в СССР из США в 1945 г., что привело к организации небольшой исследовательской группы в Институте химфизики под руководством Якова Зельдовича [11. С.49—147]. Советскую версию «Классического Супера» назвали Трубой (из-за цилиндрической конфигурации). Однако главным делом Зельдовича остава-

лась атомная бомба (испытанная в августе 1949-го).

Весной 1948 г. советская разведка получила от Клауса Фукса особенно большой материал по водородной бомбе. Информация была столь детальной, что советское руководство восприняло ее как доказательство интенсивных американских разработок*. И летом 1948 г. в помощь группе Зельдовича была организована дополнительная группа в ФИАНе под руководством Игоря Евгеньевича Тамма, включавшая его учеников — Андрея Дмитриевича Сахарова и Виталия Лазаревича Гинзбурга. Вскоре, осенью 1948 г., Сахаров предложил новый способ обжатия сферической слоеной конфигурации, а Гинзбург — новый тип термоядерной взрывчатки. После этого группа Тамма сосредоточилась на новом проекте, названном Сложкой и успешно испытанном в августе 1953 г.

А группа Зельдовича продолжала работать над «импортной» Трубой — вплоть до конца 1953 г., когда это направление признали тупиковым. Американцы пришли к этому выводу почти на четыре года раньше. Этот хронологический разрыв свидетельствует, что с начала 1950 г., когда вычисления Улама впервые поставили под сомнение проект *Classical Super*, шпионской информации из США не поступало. И тот же факт подчеркивает важность роли Улама в истории американской водородной бомбы.

Новый этап в истории советской водородной бомбы наступил в начале 1954 г. в ситуации двойного тупика — признания общей бесперспективности Трубы и невозможности увеличить мощность Слойки. Это побудило советских теоретиков взяться за идею «атомного обжатия» — использовать атомную бомбу для обжатия Слойки, и спустя несколько месяцев появился российский аналог механизма Теллера—Улама.

* Хотя фактически информация Фукса 1948 г. отражала состояние американских дел на 1946 г., когда он покинул США.

Идею атомного обжатия Сахаров упомянул в общей форме уже в своем первом отчете по Сложке в январе 1949 г. как возможное «использование дополнительного заряда плутония для предварительного сжатия Слойки» [11]. Это было за два года до того, как Улам предложил свои Гидродинамические линзы, и за пять лет до того, как Сахаров пришел к российскому аналогу Радиационных зеркал Теллера.

Такая хронология советской водородной бомбы подкрепляет мнение Бете о том, что именно Теллер сделал «решающее изобретение» — нечто существенно большее, чем модификация предложения Улама. С другой стороны, это согласуется и с утверждением Теллера, что его изобретение родственно с ранней идеей 1946 г.: «Главный принцип радиационной имплозии был развит в связи с термоядерной программой и был изложен на конференции по термоядерной бомбе весной 1946 года. Доктор Бете, в отличие от доктора Фукса, не присутствовал на этой конференции» [10].

Действительно, разведматериал Фукса 1948 г. содержал принцип «радиационной имплозии» [11], к выдвигению которого он имел прямое отношение. В мае 1946 г., незадолго до отъезда из США, Фукс совместно с математиком Джоном фон Нейманом подал заявку на патентование этого принципа. В материале Фукса 1948 г. этот принцип задействован в рамках (неосуществимого) Классического супера, и потенциал самой идеи не был осознан в США до теллеровского «прозрения» 1951 г., а в СССР до того, как ее переоткрыл Сахаров в 1954-м**.

** По свидетельству ближайшего сотрудника Сахарова, Ю.А.Романова, это произошло весной 1954 г.: «Началось с того, что АДС[ахаров] собрал теоретиков и изложил свою идею о высоком коэффициенте отражения импульсного излучения от стенок из тяжелого материала». (Ю.А.Романов, интервью Г.Горелику 11 ноября 1992 г.)



Р.Оппенгеймер и генерал Л.Гровс осматривают место испытания атомной бомбы.

Сопоставление советских и американских событий подкрепляет также теллеровскую скромную оценку своего изобретения и, соответственно, его непредсказуемости. Словами Теллера 1954 г., «это не было великим достижением, не было и особенно замечательным. Это просто надлежало сделать. Надо сказать, это не было совсем уж просто. <...> Но полагаю, что если бы лаборатория с такими первоклассными людьми, как Ферми, Бете и другие, старалась решить проблему, то, вероятно, кто-то из них выдвинул бы ту же самую замечательную идею, или какую-то иную, гораздо раньше. <...> Необходимо лишь было пристально смотреть и смотреть на проблему с некоторой убежденностью, что решение имеется» [12. P.579].

Похоже, что тут Теллер прав, поскольку на другой стороне

глобуса Сахаров, пристально рассматривая проблему, выдвинул «ту же самую замечательную идею», притом без знакомства с идеей патента Фукса—фон Неймана. Однако поскольку Теллеру потребовалось долгих пять лет, чтобы осознать потенциал этой идеи (и столько же потребовалось Сахарову, чтобы изобрести ее заново), надо также отдать должное и приведенной высокой оценке Бете, и высказыванию Ферми 1954 г.: «Это, конечно, верно, что Эдвард Теллер — подлинный герой в создании водородной бомбы. Но столь же верно, что единственный человек не может вытолкнуть работу такого рода целиком. Гений нуждается в поддержке многих других людей и организаций» [13. P.52—53].

Важнейшей предпосылкой для открытия пути к созданию водородной бомбы и в США, и в СССР было закрытие предыдущих направлений. В США решающую роль в закрытии *Classical Super* в 1950 г. сыграл Улам. А в СССР надлежало закрыть два предыдущих направления — Слойку и Трубу (т.е. *Classical Super*), и последнее потребовало коллективных усилий — с участием Льва Ландау [14].

Что касается «отцовства», то, похоже, самого Улама эта проблема волновала меньше, чем его «фанатов». Известны его слова: «То не было какой-то новой физикой. И не было таким уж большим интеллектуальным достижением. В некоторой мере это было случайностью. И могло случиться на год или на два раньше» [4].

Вряд ли возможно с определенностью сказать, насколько идея Улама о «гидродинамических линзах» способствовала появлению у Теллера идеи «радиационных зеркал». И то, что мнение Бете подкрепляется «термоядерной биографией» Сахарова, не делает его окончательным решением вопроса. Такого рода вопросы в истории науки и тех-

ники вообще обречены на некоторую неопределенность. Рождение новой идеи нередко окружено неразгоняемым туманом, и даже самому открывателю бывает трудно разглядывать субъективный интуитивный зародыш идеи уже после ее конкретного физико-математического оформления.

Поэтому разумней принимать разные картины прошедшего как взаимодополняющие и субъективно честные отражения исторической реальности, даже если кому-то хочется объективной черно-белой ясности любой ценой.

Странности явления суперидеи в СССР

Не только история советской водородной бомбы помогает прояснить американскую историю, — свет идет и в обратном направлении.

На протяжении четырех десятилетий история советской водородной бомбы была закрыта не менее, чем было закрыто советское царство-государство. Даже простой факт, что Сахаров сыграл важную роль в создании этой бомбы, был признан в СССР официально лишь в конце 1980-х. И Сахаров сам, несмотря на открытую оппозицию советскому режиму, честно выполнял обязательство, взятое в 1948 г., — не разглашать секретных сведений. В своих «Воспоминаниях», написанных в 1980-х годах, Сахаров рассказал лишь в самых общих выражениях о Первой и Второй идеях, ставших основой первой советской термоядерной бомбы (испытанной в 1953 г.), и о Третьей идее, воплощенной в полномасштабной водородной бомбе (испытанной в 1955 г.). Слов «Слойка» и «Труба» он не мог употреблять уже потому, что они отражают геометрические характеристики. О первоначальной конструкции, которой занималась группа Зельдовича и которую можно было



А.Д.Сахаров. 1950 г.

бы назвать Нулевой идеей, Сахаров написал: «Сейчас я думаю, что основная идея разработывавшегося в группе Зельдовича проекта была «цельнотянутой», т.е. основанной на разведывательной информации. Я, однако, никак не могу доказать это предположение. Оно пришло мне в голову совсем недавно, а тогда я об этом просто не задумывался.» Эта фраза означает, что Сахаров не был знаком с материалом Фукса 1948 г.

Лишь после смерти Сахарова в 1989 г. Первая и Вторая идеи были раскрыты как особая (сферически-слоеная) конфигурация и особый вид термоядерной взрывчатки, а Третья идея — как эквивалент механизма Теллера—Улама.

По поводу независимости Первой и Второй идей (воплощенных в Слойке) не высказывалось никаких сомнений, но оригинальность Третьей идеи была поставлена под вопрос. Сахаров сам дал некоторые основания для сомнений. Говоря о Первой и Второй идеях, он прямо и недвусмысленно указал их авторов — себя и Гинзбурга, тогда как его рассказ о рождении Третьей идеи озадачивает своей неопределенностью:

«По-видимому, к “третьей идее” одновременно пришли несколько сотрудников наших теоретических отделов. Одним из них был и я. Мне кажется, что я уже на ранней стадии понимал основные физические и математические аспекты “третьей идеи”. В силу этого, а также благодаря моему ранее приобретенному авторитету, моя роль в принятии и осуществлении “третьей идеи”, возможно, была одной из решающих. Но также, несомненно, очень велика была роль Зельдовича, Трутнева и некоторых других, и, быть может, они понимали и предугадывали перспективы и трудности “третьей идеи” не меньше, чем я».

Как могла столь яркая идея прийти одновременно нескольким людям? Такого рода вопрос побудил Льва Петровича Феоктистова, физика-теоретика и участника разработки первых термоядерных зарядов, поставить под вопрос оригинальность Третьей идеи. Феоктистов с 1951 г. работал в группе Зельдовича, хорошо знал его, но никогда от него не слышал подтверждения авторства Третьей идеи, хотя Зельдович не отличался излишней авторской скромностью*. По воспоминаниям Феоктистова, Третья идея появилась внезапно, «как свет в темном царстве», как с неба свалилась. И у него сложилось впечатление, что кто-то должен был сначала эту (американскую?) идею туда — на советское небо — положить. Свою статью «Водородная бомба: кто же выдал ее секрет?» Феоктистов заключает фразой: «Меня не покидает ощущение, что в ту пору мы не были вполне самостоятельными» [15. С.74–76].

Изумление советского ветерана по поводу внезапности появления Третьей идеи — важный факт, интерпретировать который — вместе с неопределенностью сахаровского описа-

ния — помогает сопоставление с американской историей. Если Бете воспринял открытие Теллера как совершенно неожиданное, непредсказуемое «гениальное прозрение», то объяснимым становится и впечатление Феоктистова от внезапности Третьей идеи. А Зельдович, как честный человек науки, не мог претендовать на полноценное соавторство Третьей идеи. Ведь с ее прототипом он был знаком по материалу Фукса 1948 г., но не воспринял ее, пока Сахаров не открыл ее заново в 1954 г. И, наконец, если при разработке Третьей идеи Зельдович вносил какие-то элементы, идущие от материала Фукса, то он вынужден был умалчивать об их происхождении (как он умалчивал о том же источнике своего знания реакции дейтерия-трития, важной для водородной бомбы [16. С.167]). А Сахаров мог думать, что Зельдович не меньше его «понимал и предугадывал перспективы и трудности», а значит, имел право на соавторство. Тогда становится понятной неопределенность, с которой Сахаров пишет об авторстве Третьей идеи. Из того, что он лишь много позже пришел к догадке, что первоначальная идея Трубы была «цельнотянутой», следует, что о материале Фукса 1948 г. он и подавно не знал.

Такое непростое сочетание знаний, догадок и незнания у Сахарова можно подкрепить словами Зельдовича. По свидетельству близкого сотрудника, именно по поводу «чрезвычайно эффективного технического решения проблемы» (т.е. водородной бомбы) Зельдович сказал: «Я — что, а вот Андрей!» [16]. А Гинзбургу Зельдович говорил: «...других физиков я могу понять и соизмерить. А Андрей Дмитриевич — это что-то иное, что-то особенное» [17. С.465].

Судя по всему, такое отношение к Сахарову сформировалось у Зельдовича именно во время их совместной работы над созданием термоядерного

оружия, и особенно в связи с Третьей идеей.

Подытожить российско-американскую историю водородной бомбы можно было бы подтверждением титулов «отцов водородной бомбы» для Теллера и Сахарова, хотя подобная фразеология не из их обихода.

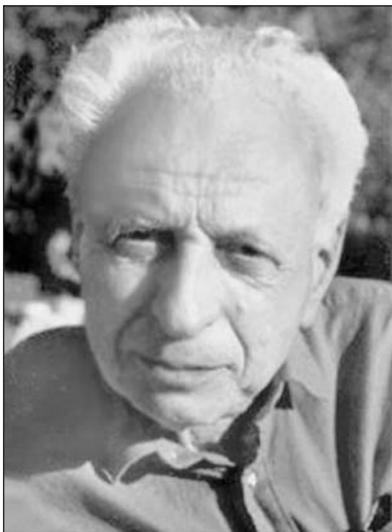
Наиболее существенное объективное различие двух совершенно секретных историй состоит в том, что в США успех был достигнут одним большим прыжком, а в СССР — двумя поменьше, с промежуточной опорой в Слойке.

Не менее существенно субъективное различие — в общественных обликах главных теоретиков термоядерного оружия: у одного репутация, похоже, непоправимо испорчена, у другого — почти невредимая, что вынуждает историка аргументировать по-разному — одному верят на слово, а другому нет. Причины этого различия — за пределами чистой науки и техники. Но и там ситуацию способен прояснить российско-американский свет.

За пределами чистой науки и техники

Мнение, что Теллер обеспечивал свой научный приоритет за счет соавтора (Улама), не подкрепляется другими подобными примерами из его научной биографии. А красноречивый контр-пример — предисловие Теллера к монографии 1972 г. об эффекте Яна—Теллера. Суть этого предисловия в том, чтобы объяснить, почему «этот эффект должен носить имя Ландау» [18]. Вклад Ландау сводился к устному замечанию в разговоре с Теллером, когда они встретились в Институте Нильса Бора в Копенгагене в 1934 г. То была их последняя встреча и последняя поездка за границу советского физика, а познакомились они в 1930 г., когда в том же институте оба провели по несколько месяцев.

* Интервью Л.П.Феоктистова Г.Горелику 24 февраля 1995 г.



Л.Тисса. 1935 г.

К 1972 г., напомним, Ландау не было в живых уже четыре года.

Самым несмываемым пятном на репутации Теллера считается его роль в деле Оппенгеймера 1954 г. Давно и надежно установлен факт, что за сценой там было сильное желание высшей администрации США избавиться от «отца атомной бомбы», который, словами официального документа, «энергично противостоял разработке водородной бомбы: (1) по моральным основаниям; (2) утверждая, что она неосуществима, (3) утверждая, что для этого недостаточно средств и научно-го персонала, и (4) что это нежелательно политически» [19]. Такая позиция Оппенгеймера была исходной причиной его нежелательности для высшей администрации, однако поворотным стал момент слушаний, когда Оппенгеймер признал, что его заявления службе безопасности в 1943 г. были «нагромождением лжи», и объяснил лаконично лишь тем, «что был идиотом» [19].

Известные теперь подробности дела Оппенгеймера и мрачные реалии холодной войны побуждают перефразировать известное высказывание: быть может, это дело и было

преступлением против идеалов американского правосудия, но не было ошибкой американской администрации.

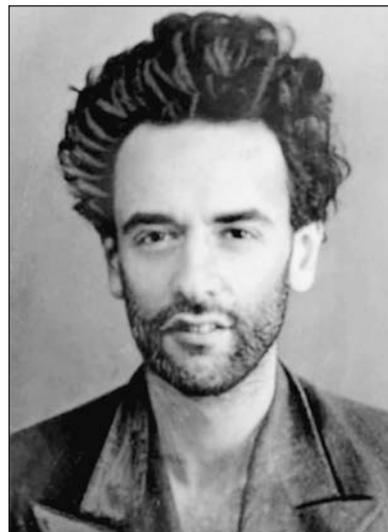
Выступая на слушаниях, Теллер выразил свою уверенность в том, что Оппенгеймер лоялен своей стране, но на вопрос, представляет ли он риск для ее безопасности, ответил:

«Я полностью расходился с ним по многим вопросам, и его действия казались мне путанными и усложненными. Поэтому мне бы хотелось видеть жизненные интересы нашей страны в руках человека, которого я понимаю лучше и поэтому доверяю больше» [12. P.572].

Хотя свидетельства Теллера не фигурируют в заключении Комиссии по Атомной энергии, многие сочли его ответственным за исход дела — лишение Оппенгеймера допуска к секретным данным. По словам коллег Теллера, «*большинство университетских физиков никогда этого ему не простили*» [20. P.51].

Если глядеть из России, неясно, чего именно не простили. Полагало ли это *большинство*, что Теллер не имел права на такое свое мнение? Или не имел права сказать то, что думал, когда его спросили? Или же *большинство* не верило, что слова Теллера действительно выражали его взгляд на интересы страны?

Глядя из России, можно было не только задавать вопросы, но и предлагать очень разные ответы. Обозреватель газеты «Правды» в 1980 г. пригвоздил Теллера за то, что тот «*давно запродавал свой талант военно-промышленному комплексу США*». А по мнению Сахарова, то, что Теллер «*шел против течения, против мнения большинства, — говорит в его пользу*». При этом оба неплохо знали, о чем писали: первый — о продажности, второй — о том, что такое идти против течения. Но вряд ли знали, чем объяснить позицию американского физика.



Л.Ландау. Тюремное фото. 1938 г.

Сейчас ясно, что по всем четырем указанным выше пунктам Оппенгеймер и поддерживавшее его большинство исторически были неправы. Водородная бомба оказалась и осуществима, и не более аморальна, чем атомная (и чем простое «оружие» массового уничтожения — сталинские и гитлеровские лагеря), а политически термоядерный щит и меч оказался на удивление миротворческим средством.

Но, может быть, Теллер оказался прав случайно, а не потому, что был пронзительнее большинства своих коллег? Чего он мог знать такого, о чем не ведало большинство (что было за их горизонтом)?

Долгое время в ходу было только одно объяснение: в своей венгерской юности Теллер отдал коммунистического строя и понял, что это такое. Но это объяснение трудно принять всерьез. В 1919 г., когда в Венгрии коммунисты пришли к власти (лишь на несколько месяцев), Теллеру было всего 11 лет. Да и не успели коммунисты тогда в Венгрии развернуться — ни показательных судебных процессов, ни Гулага.

Личную причину своей пронзительности Теллер раскрыл

лишь в конце 90-х годов. Он никогда не бывал в СССР, но еще в довоенное время получил важную информацию о советской власти благодаря двум своим друзьям. С Ласло Тиссой он дружил со школьных лет, со Львом Ландау подружился в Копенгагене в начале 30-х годов. Для обоих его друзей физика была главным делом в жизни, но оба считали социализм светлым будущим человечества и верили тогда, что это будущее создается в Советском Союзе. У Теллера не было социалистических предубеждений, но это не мешало ему дружить с обоими и хорошо знать их различия. Страстный Ландау, каким его знал Теллер в начале 30-х годов, неустанно высмеивал устои буржуазной жизни и гордился своей советской родиной. А уравновешенный Тисса в 1932 г. попал в тюрьму фашистской Венгрии, где просидел 14 месяцев, и где Теллер навещал его, помогая завершить и опубликовать научную работу. Выйдя из тюрьмы, Тисса не мог найти себе места в европейской науке, и в 1934 г., по рекомендации Теллера, отправился в Харьков, где под руководством Ландау расцветала мощная физическая школа.

В Харькове Тисса провел около трех лет, защитил диссертацию, выучил русский язык и уже начал читать лекции студентам, когда грянул Большой Террор. Тисса своими глазами увидел, как разоряли научный центр, один из лучших в стране, арестовывали его сотрудников. Ландау бежал в Москву, где был арестован год спустя. Тисса чудом выскользнул из советской страны, оставив там и свои социалистические иллюзии. Прибыв в США, он первым делом рассказал Теллеру обо всем увиденном*. Вот как об этом в 1998 г. — впервые в печати — вспоминал Теллер:

«Вторую мою опубликованную работу в физике я сделал

совместно с моим хорошим другом Л. Тиссой. Вскоре после нашего сотрудничества в Лейпциге он был арестован венгерским фашистским правительством как коммунист. Он потерял возможность найти работу в науке, и я порекомендовал его моему другу Льву Ландау в Харькове. Несколько лет спустя Тисса посетил меня в США. У него больше не было никаких симпатий к коммунизму. Лев Ландау был арестован в СССР как капиталистический шпион! Для меня значение этого события было даже больше, чем пакт между Гитлером и Сталиным. К 1940 году у меня были все причины не любить СССР и не доверять этой стране» [21].

Надо знать Ласло Тиссу, чтобы понимать надежность его свидетельства. Математически точный и поглощенный наукой, соединяющий уважение к гениальным коллегам прошлого с критическим отношением к их заблуждениям. С 1941 г. работает в одном и том же месте, в Массачусетском технологическом институте.

У Теллера были основания доверять такому свидетелю и другу. И то, что другой его социалистический друг, физик мирового класса Лев Ландау арестован, а первокурсный научный институт разгромлен без каких-либо внятных причин, сказалось физику Теллеру о советском режиме больше, чем известные по газетам международные события. Он пришел к выводу, что *«сталинский коммунизм не намного лучше, чем нацистская диктатура Гитлера»* [22].

Теллер больше никогда не виделся с Ландау и не знал, что если бы они встретились, то сошлись бы в своих политических оценках. Благодаря компетентной спецтехнике подслушивания (результаты которого пережили советский строй) мы знаем, что думал Лев Ландау о советском режиме в 1956—1957 гг.:

«Наша система, как я ее знаю с 1937 года, совершенно определенно есть фашистская система, и она такой осталась и измениться так просто не может. <...> Пока эта система существует, питать надежды на то, что она приведет к чему-то приличному, никогда нельзя было, вообще это даже смешно. <...> Если наша система мирным способом не может рухнуть, то третья мировая война неизбежна со всеми ужасами, которые при этом предстоят. <...> Наши есть фашисты с головы до ног. Они могут быть более либеральными, менее либеральными, но идеи у них фашистские».

К тому времени Ландау уже знал, что Хрущев «более либерален», но знал и то, что система правления осталась прежней — сталинской.

Фашистскую сущность сталинизма Ландау разглядел особенно ясно — экспериментально — за год пребывания в сталинской тюрьме. Теллер сумел обойтись без личного опыта. Но силу коммунистической идеологии ему довелось наблюдать собственными глазами. Несколько лет одним из его близких коллег был Клаус Фукс. Теллер, подобно другим, высоко оценивал его с профессиональной и с человеческой сторон. Осенью 1949 г. Теллер приехал на конференцию в Англию. В ней также участвовал и Фукс, пригласивший Теллера к себе домой. Увидев, однако, что Теллер очень устал, он предложил ему отдохнуть. И Теллер «проспал» последнюю возможность поговорить с малоразговорчивым коллегой. Так что для Теллера арест Фукса спустя несколько месяцев был, вероятно, еще большим шоком, чем для других. Но его отношение к событию было не таким, как у других, что видно из его письма близкому другу вскоре после ареста:

«Вы помните Клауса Фукса? Мне он никогда так сильно не нравился, как он нравился Мици

* Интервью Г.Горелику. 28 февраля 1998 г. и 28 мая 1999 г.

[жене Теллера]. *На мой вкус, он был слишком замкнут, хотя всегда очень мил. Должно быть, он жил под невероятным стрессом. Здесь [в Лос-Аламосе] многие в ярости на Фукса. Они чувствуют себя лично оскорбленными. Я так не чувствую. Нам следовало бы уже понять, что такое коммунистическая партия и чего она требует от своих членов. Фукс, вероятно, еще в 20 лет — видя в Германии приход нацизма — решил, что единственная надежда — это коммунисты. Решил это еще до того, как стал физиком. И с того времени всю свою жизнь строил вокруг этой идеи. Люди всегда так: недооценивали нацистов, как сейчас недооценивают коммуни-*

тов. А когда приходит бедствие, те самые люди, кому не верилось, что впереди беда, сердятся на отдельных коммунистов или отдельных нацистов» [12. P.275—276].

Так что Теллер, как и Ландау, видел не отдельных злоумышленников, а социальную систему. Это взгляд физика-теоретика. Два физика-теоретика, в разных странах, с разными социальными биографиями и исходными позициями, пришли к одному и тому же выводу.

Возникает, однако, вопрос, почему Теллер так долго не раскрывал личную причину своей «антисоветской паранойи»? Почему он до 1998 г. не рассказывал о своих двух просоциалистических друзьях, на себе

испытавших советский социализм? На этот вопрос Теллер прямого ответа не дал, сказав лишь, что не его дело рассказывать истории [23]. Так что историкам приходится измышлять гипотезы. Моя состоит в том, что в годы холодной войны Теллер, зная свою общественную репутацию, одинаково мрачную как для советской идеологии, так и в американской академической среде, не хотел омрачать жизни друзей юности в Москве и в Бостоне.

Академические физики, не разделявшие отношения Теллера (и Ландау) к советской системе, могли думать, что «Россия всегда была очень благожелательно настроена к науке» (этой фразой Оппенгеймер



А.Д.Сахаров и Э.Теллер. 1988 г.



Э.Теллер и В.Гинзбург. 1992 г.



Я.Б.Зельдович и А.Д.Сахаров.



Э.Теллер и российские физики-ветераны на конференции по истории водородной бомбы. Ливермор, 1997 г.

в 1945 г. начал обсуждение атомной политики в отношении СССР [24]), и на подобном основании видеть в Сталине партнера в супер-шахматной игре мировой политики, а не диктатора, который нарушит любые правила, если сочтет это выгодным. Так смотрел на советское руководство Теллер, так смотрел Ландау, и к такому взгляду пришел Сахаров.

Железный занавес, непрозрачный в обоих направлениях, способствовал иллюзиям с обеих сторон. С восточной стороны действовали еще красивая сказка о социализме и реально-социалистический контроль над информацией. Одним из проявлений этого стало то, что в марте 1953 г. «отцы советской водородной бомбы» Андрей Сахаров и Виталий Гинзбург горевали по поводу смерти Сталина. Потом они вспоминали об этом со стыдом и недоумением, но им понадобились многие годы, чтобы понять, что они, по выражению Сахарова, «невольны создавали иллюзорный мир себе

в оправдание». И спустя годы Сахаров уподобил свою страну «гигантскому концентрационному лагерю», найдя подходящий эпитет для ее общественного строя — «тоталитарный социализм».

Способность строить иллюзорные миры для самооправдания весьма универсальна и действует независимо от общественного строя, а незнание — наилучший цемент для такого рода построений.

История науки легко подтверждает, что человеку свойственно ошибаться. Ошибались великие умы науки — Эйнштейн и Бор. Ошибались и создатели ядерного оружия. Ошибался Сахаров в 1961 г., когда поверил Хрущеву, что создание 100-мегатонной бомбы поможет переговорам с США о запрете ядерных испытаний. И Теллер ошибался. Но если говорить о его «одержимости» созданием водородной бомбы и его антисоветской «паранойе», то сейчас, полвека спустя, в свете российско-американской истории уже яс-

но, что обе эти его «навязчивые идеи» были вполне здоровыми.

Теллер успел увидеть падение советского режима и побывать в послесоветской России (а его российские коллеги успели увидеть, что твердая антисоветская позиция Теллера ни в коей мере не была антироссийской). В 2001 г. вышла книга воспоминаний Теллера с изложением его версии событий, в которых ему довелось участвовать [12]. И, в частности, он рассказал — бесстрастно и не смягчая — о своих расхождениях с Хансом Бете по нескольким острейшим научно-политическим проблемам, начиная с водородной бомбы. При этом по существу остался при своем мнении.

Ответом на эту книгу можно считать рецензию Бете, которая удивила многих [25]. Хотя подавляющая часть американских рецензий на книгу Теллера ядовито-отрицательна, рецензия Бете не просто положительна («увлекательную» книгу он «очень рекомендует»), — в рецензии проявлены сочувствие

и теплота. А по поводу водородной бомбы Бете — когда-то один из самых принципиальных ее противников — 50 лет спустя сильно смягчил свою позицию, сказав: «*мне кажется, ни у одной из сторон в дебатах о водородной бомбе не было сильных аргументов*» и признав, что «у [президента] Трумэна не было выбора в политической обстановке того времени»,

когда он принимал решение о разработке водородной бомбы. Но если не было выбора, то чего тогда стоила оппозиция этому решению?

Сахаров тоже считал появление водородной бомбы неизбежным, но его взгляд на «политическую обстановку» радикально изменился. В результате образовались параллели между его российской судьбой и аме-

риканскими судьбами Оппенгеймера и Теллера. Подобно Оппенгеймеру, Сахаров испытал высшее государственное признание и положение «врага государства» и, подобно Теллеру, испытал отчуждение большинства коллег. Столь богатый жизненный опыт делает его взгляд на трагические фигуры американских физиков заслуживающим особого внимания. ■

Литература

1. *Горелик Г.Е.* Андрей Сахаров. Наука и свобода. М., 2004.
2. *Сахаров А.Д.* Нобелевская лекция «Мир, прогресс, права человека» (1975) // Тревога и надежда. 1991.
3. *Сахаров Андрей.* Воспоминания. М., 1996.
4. *Richard R.* Dark Sun: the Making of the Hydrogen Bomb. N.Y., 1995.
5. *Feeney M.* Force of Physics // The Boston Globe. December 11, 2001.
6. *Tsipis K.* Edward Teller and the Folly of Star Wars // Washington Post. Feb 23, 1992.
7. *Bethe H.A.* Memorandum on the History of the Thermonuclear Program. 1952. May 28.
8. *Bethe H.J.* Robert Oppenheimer. Biographical Memoirs. NAS. 1997. V.71.
9. *Bethe H.A.* Observations on the Development of the H-Bomb. Published as Appendix II // York H.F. The Advisors, Oppenheimer, Teller, and the Superbomb. Stanford, 1989.
10. *Teller E.* Comments on Bethe's History of the Thermonuclear Program. 1952. August 14.
11. *Гончаров Г.А.* Термоядерный проект СССР: предыстория и десять лет пути к термоядерной бомбе // История советского Атомного проекта. Документы, воспоминания, исследования / Ред. В.П.Визгин. СПб., 2002.
12. *Teller E., Shoolery J.L.* Memoirs: A Twentieth-Century Journey in Science and Politics. Cambridge, 2001.
13. *Jay O.* Enrico Fermi — The Master Scientist. Cornell, 2004.
14. *Иоффе Б.Л.* // Сибирский физический журнал. 1995. №2; Особо секретное задание (Из истории атомного проекта в СССР) // Новый мир. 1999. №5.
15. *Феоктистов Л.П.* Водородная бомба: кто же выдал ее секрет? // Оружие, которое себя исчерпало. М., 1999.
16. *Герштейн С.С.* На пути к универсальному слабому взаимодействию // Знакомый незнакомый Зельдович. М., 1993.
17. *Гинзбург В.Л.* О феномене Сахарова // О физике и астрофизике. М., 1995.
18. *Teller E.* An Historical Note // Englman R. The Jahn-Teller Effect in Molecules and Crystals. L.; N.Y., 1972.
19. Findings and Recommendations of the Personnel Security Board in the Matter of Dr. J.Robert Oppenheimer. United States Atomic Energy Commission, Washington, 1954. May 27.
20. *Brown H., May M.* Edward Teller in the Public Arena // Physics Today. 2004. August.
21. *Teller E.* // Science. 1998. 22 May.
22. *Teller E.* The History of the American Hydrogen Bomb // The International Symposium: «History of the Soviet Atomic Project». Dubna, 1996. May 14—18.
23. Edward Teller's Conversation with Lorna Arnold, German Goncharov, Gennady Gorelik, and David Holloway. Stanford, 2001. April 19.
24. Notes of the Interim Committee Meeting, Thursday, 31 May 1945.
25. *Bethe H.A.* Edward Teller: A Long Look Back // Physics Today. November 2001.

Квантовая динамика окислительно-восстановительных реакций

В.В.Еремин

Со школьной скамьи все знают о той исключительной роли, которую окислительно-восстановительные реакции играют в нашей жизни. С их помощью живые организмы запасают энергию, тратят ее, перерабатывают поступающие из окружающей среды вещества. В современной химии такие реакции — один из главных методов получения новых веществ. В химической промышленности посредством реакций окисления и восстановления полезные ископаемые превращают в ценные вещества: металлы, кислоты, лекарства, красители. С этими реакциями мы постоянно сталкиваемся в быту, когда заводим автомобиль или нажимаем кнопки на пульте управления: источник электрического тока работает за счет переноса электронов от восстановителя к окислителю.

Первую в истории химии реакцию с переносом электронов наблюдал один из основоположников электрохимии — Г.Дэви. В 1808 г. он заметил, что пропускание аммиака над металлическим калием приводит к появлению красивого голубого окрашивания. Позднее эту же реакцию наблюдали при растворении щелочных металлов в жидком аммиаке. Сейчас мы знаем, что голубой цвет таких растворов вызван сольватацией электронов, образующихся при ионизации атомов щелочных металлов: $M \rightarrow M^{+1} + e$.



Вадим Владимирович Еремин, доктор физико-математических наук, доцент химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Лауреат Премии Президента РФ в области образования. Область научных интересов — фемтохимия, квантовая динамика молекул, теория внутримолекулярных процессов.

Перенос электронов — главная стадия окислительно-восстановительных процессов. Для многих практических важных реакций в химии и биологии необходимо знать, от каких факторов зависит его скорость. Многочисленные экспериментальные исследования реакций между ионами в полярных растворителях привели в середине XX в. к созданию первых теорий, связывающих эту скорость с молекулярной структурой. Перенос электронов рассматривался как переход между электронными состояниями восстановителя (донора электронов) и окислителя (акцептора электронов), а константа скорости процесса рассчитывалась через вероятность перехода [1, 2].

Такой подход позволил описать с единой точки зрения кинетику большого числа окислительно-восстановительных реакций как в растворах, так и в твердой фазе. В последние два десятилетия все большее внимание привлекают к себе сверхбыстрые реакции, которые происходят в фемтосекундном диапазоне (т.е. за время от 10^{-13} до 10^{-12} с) и играют основополагающую роль во многих биологических процессах, например фотосинтезе. Изучение таких процессов выходит за рамки возможностей химической кинетики, поэтому вместо нее используют методы химической динамики, основанные на применении нестационарной квантовой механики к описанию ядерных колебаний [3].

Простейшие методы описания скорости переноса электронов в растворах с помощью химической кинетики и квантовой динамики мы рассмотрим на примере переходов в модельной системе донор—мостик—акцептор и в реальной системе — модифицированном реакционном центре фотосинтеза.

© Еремин В.В., 2006

Лекторий С берега на берег

Ключевая идея для описания кинетики переноса электронов от донора (D) к акцептору (A) в конденсированных фазах была высказана в 1949 г. Дж.Франком, который предложил рассматривать процесс как безызлучательный переход между двумя электронными состояниями: DA и D⁺A⁻. Такой переход называют горизонтальным, так как он происходит без изменения общей энергии системы и на энергетической кривой представляется горизонтальной линией. Между электронными состояниями возможны также и вертикальные переходы, однако, в отличие от переноса электронов, они сопровождаются испусканием или поглощением света (рис.1).

Согласно идее Франка, вероятность *p* любого электронного перехода — горизонтального или вертикального — пропорциональна фактору Франка—Кондона, который представляет собой квадрат интеграла перекрывания между волновыми функциями, описывающими колебания ядер в исходном (I — initial) и конечном (F — final) состояниях:

$$p \sim \langle I|F \rangle^2 = (\int \Psi_I^*(x)\Psi_F(x)dx)^2,$$

где *x* — координата реакции, связанная с движением ядер. При любой температуре существует равновесное бoльцмановское распределение молекул по колебательным уровням энергии, поэтому для расчета вероятности переноса электронов

находят усредненный по колебательным уровням фактор Франка—Кондона для горизонтального перехода.

Энергия исходного и конечного электронного состояния зависит от координат ядер, участвующих в переходе. Эта зависимость изображается поверхностью потенциальной энергии. Для электронного переноса в конденсированных фазах поверхности потенциальной энергии определяются колебаниями кристаллической решетки в твердой фазе или взаимодействием донора и акцептора с молекулами среды в растворе и обычно имеют параболический вид, т.е. представляют гармонические колебания (рис.2). Перенос наиболее вероятен при такой конфигурации ядер, когда поверхности потенциальной энергии состояний DA и D⁺A⁻ пересекаются. В такой модели каждая окислительно-восстановительная реакция характеризуется двумя основными параметрами: разностью энергий между двумя электронными состояниями ΔE (фактически это тепловой эффект переноса электрона) и энергией активации переноса электрона E_A , отделяющей уровень пересечения потенциальных поверхностей от исходного уровня.

В твердой фазе константа скорости электронного переноса *k* определяется двумя факторами: энергией взаимодействия электронных состояний *V* и фактором Франка—Кондона *F*, усредненным по колебательным уровням [4]: $k \sim V^2F$. При высоких температурах, когда возбуждены все ко-

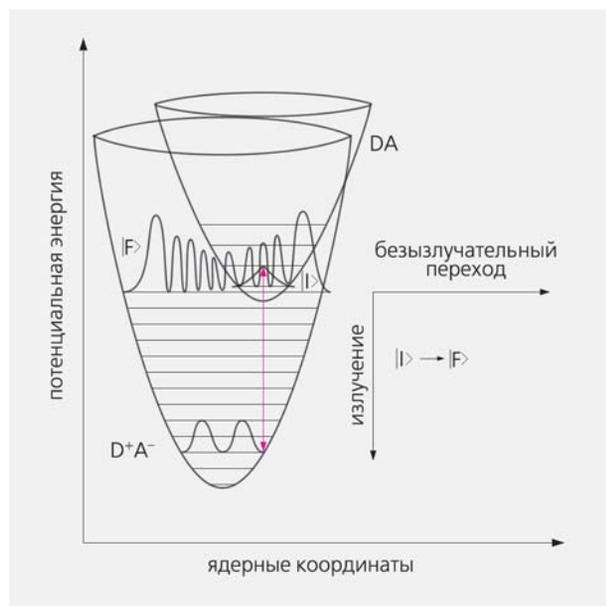


Рис.1. Перенос электрона DA → D⁺A⁻ — горизонтальный безызлучательный переход между электронными состояниями (|I> — исходное (DA), |F> — конечное (D⁺A⁻)). При вертикальном электронном переходе в D⁺A⁻ происходит испускание света.

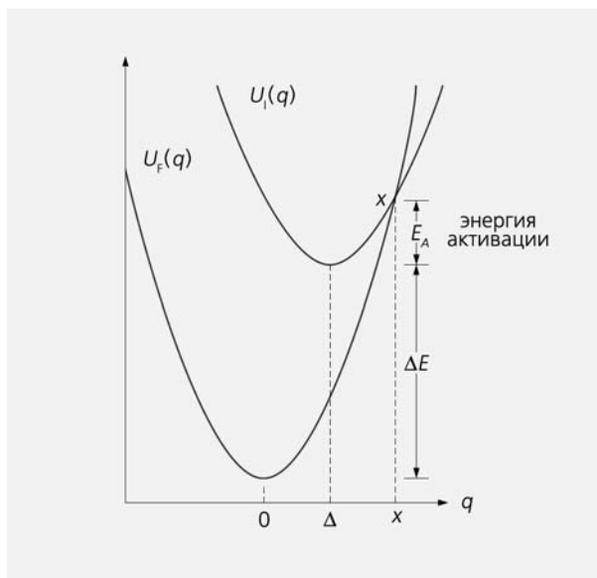


Рис.2. Одномерная схема переноса электрона в конденсированной фазе. Изображены две кривые потенциальной энергии: $U_I(q)$ — исходного состояния, $U_F(q)$ — конечного состояния; ΔE — разность энергии между электронными состояниями, *q* — координата реакции, *x* — точка пересечения кривых потенциальной энергии.

лебания кристаллической решетки, это выражение приводит к обычной аррениусовской зависимости константы скорости от температуры:

$$k(T) \sim V^2 T^{-1/2} \exp\left(-\frac{E_A}{k_B T}\right), \quad (1)$$

где E_A — энергия активации процесса, k_B — постоянная Больцмана. При низких температурах константа скорости становится практически постоянной:

$$k(T) \sim V^2 = \text{const.}$$

Эти результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

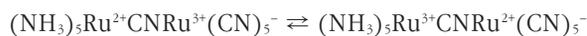
В 1956 г. Р.Маркус создал теорию переноса электронов в растворах [1]. Он предположил, что для перехода от донора к акцептору электрон должен преодолеть потенциальный барьер, создаваемый молекулами растворителя, т.е. реакция переноса происходит через стадию образования активированного комплекса с энергией активации E_A (рис.2). Применяв к этому процессу теорию активированного комплекса Эйринга* [5], Маркус получил выражение для константы скорости, которое в высокотемпературном пределе приводило к выражению, совершенно аналогичному (1). Таким образом, оказалось, что электронный перенос имеет общий характер в растворах и в твердых телах и может рассматриваться как горизонтальный безызлучательный электронный переход. Расчет вероятности этого перехода с учетом равновесного распределения молекул по колебательным уровням позволяет найти константу скорости $k(T)$. Разные модели перехода приводят к одинаковым выражениям для $k(T)$ при условии, что температура достаточно высока для того, чтобы были возбуждены все колебания, приводящие к переносу электрона.

Очень быстрые реакции

Все классические теории переноса электронов исходят из предположения о равновесном распределении молекул по колебательным уровням, поэтому считается, что установление такого равновесия (колебательная релаксация) происходит намного быстрее, чем сам перенос. Характерное время колебательной релаксации — 1 пс (т.е. 1000 фс, или 10^{-12} с). Для описания более быстрого переноса, происходящего в фемтосекундном диапазоне, необходимы другие подходы, основанные на уравнениях квантовой динамики.

В последние два десятилетия реакции сверхбыстрого электронного переноса стали доступны

экспериментальному исследованию благодаря импульсным лазерам фемтосекундной длительности. Например, обратимый фотоиндуцированный переход в комплексах рутения



в водном растворе протекает менее чем за 100 фс [6]. Наиболее быстрый перенос был зафиксирован в синтетических супермолекулах, где константы скорости составляли от 30 фс⁻¹ до 80 фс⁻¹ [7]. В природных системах — реакционных центрах фотосинтеза у бактерий — различные стадии такого процесса занимают от 1000 до 3000 фс, а в модифицированных центрах при низких температурах — около 200 фс.

В квантовой динамике состояние системы в процессе химической реакции описывается волновой функцией $\Psi(x,t)$, зависящей от координат ядер атомов x и времени t . Эта функция — ее называют волновым пакетом — удовлетворяет временному уравнению Шредингера, а ее квадрат модуля $|\Psi(x,t)|^2$ задает функцию распределения по координатам ядер. Свойства волнового пакета $\Psi(x,t)$ определяются видом поверхности потенциальной энергии и начальным состоянием $\Psi(x,0)$ [8, 9].

Зная зависимость волнового пакета от времени, $\Psi(x,t)$, можно не только определить константу скорости переноса электронов, но и получить более детальную информацию, а именно — зависимость заселенностей электронных состояний донора и акцептора от времени. Заселенность представляет собой плотность вероятности, проинтегрированную по всей области координат, соответствующей донору, x_D (или акцептору, x_A):

$$P_{D(A)}(t) = \int_{x_{D(A)}} |\Psi(x,t)|^2 dx.$$

Функции $P_D(t)$ и $P_A(t)$ отражают динамику процессов расходования реагента DA и накопления продукта D^+A^- соответственно. Привычную химикам макроскопическую характеристику — константу скорости реакции — можно найти по заселенности, если формально рассматривать перенос электрона как реакцию мономолекулярного распада:

$$P_D(t) = P_D(0)\exp(-kt).$$

Эффективная константа скорости зависит от времени и определяется как производная по времени от логарифма заселенности

$$k(t) = -\frac{d\ln P_D(t)}{dt}. \quad (2)$$

В последующих разделах мы продемонстрируем результаты квантоводинамических расчетов заселенностей электронных состояний для электронного переноса в модельной и реальной системах.

* Эта теория использует два основных предположения: 1) между реагентами и активированным комплексом существует равновесие; 2) химическая реакция (или перенос электрона) рассматривается как одномерное поступательное движение по координате реакции.

Этот же метод можно использовать и для более «медленных» реакций переноса, однако там расчеты становятся более сложными из-за того, что приходится учитывать взаимодействие акцептора электронов с внешней средой — молекулами растворителя или белковым окружением.

Передача по мостикам

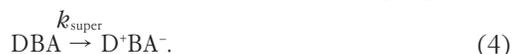
Во многих химических и биофизических системах донор и акцептор электрона значительно разделены в пространстве, поэтому непосредственный перенос электрона между ними невозможен. Окислительно-восстановительный процесс в таких случаях происходит через промежуточные соединения, которые выполняют роль молекулярных мостиков. В качестве мостиков могут выступать молекулы растворителя, углеводородные цепи с сопряженными двойными связями и биологические молекулы: аминокислоты, белки и даже ДНК.

Перенос электрона в системе донор—мостик—акцептор (D—B—A) может происходить по двум конкурирующим механизмам — последовательному и суперобменному. При последовательном переносе предполагается, что электрон сначала переходит с донора на мостик, а затем с него — на акцептор:



Каждая стадия характеризуется своей константой скорости, которую можно рассчитать, используя рассмотренные выше модели.

Суперобменный механизм предполагает, что молекула мостика играет роль посредника, который усиливает взаимодействие между донором и акцептором, но не претерпевает истинного окислительно-восстановительного превращения.



Преобладание того или иного механизма зависит главным образом от разницы ΔG_{DB} энергетических уровней донора и мостика (рис.3), а также от температуры.

Если электронная энергия промежуточного соединения D^+B^-A намного превышает энергию исходной системы DBA , т.е. $\Delta G_{DB} > 0$, то перенос электрона через мостик происходит по суперобменному механизму без заселения энергетических состояний промежуточного соединения D^+B^-A . В противном случае, когда $\Delta G_{DB} < 0$, возможен непосредственный горизонтальный переход от донора к мосту, а от него — к акцептору, и реакция протекает по последовательному механизму. Изменяя разность энергий ΔG_{DB} путем химической модификации донора или мостика,

можно менять механизм процесса и управлять заселенностью электронных состояний. Для систем с небольшим ΔG_{DB} возможна смешанная схема электронного переноса, которая включает в себя два параллельных пути: суперобменный и двухступенчатый [10].

Если к механизму (3) применить методы химической кинетики и решить соответствующие кинетические уравнения, можно найти приближенные выражения для заселенностей донора, мостика и акцептора. На рис. 4,а эти заселенности сравниваются с данными квантоводинамического расчета на примере модельной системы, в которой донор, акцептор и мостик представляют собой четырехмерные колебательные системы с одними и теми же частотами, а разность энергий между донором и мостиком составляет $\Delta G_{DB} = -250 \text{ см}^{-1}$ ($= 3.0 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$) [10]. Как видно из рисунка, заселенность мостика хорошо описывается формально-кинетической схемой, что говорит о его непосредственном участии в последовательном переносе. Для суперобменного механизма (4) заселенность промежуточного состояния практически равна 0 (рис.4,б), поэтому молекулы мостика химически не участвуют в переносе электронов.

Хотя в обоих случаях для качественного описания заселенностей достаточно формальной кинетики, однако колебательную структуру, которая проявляется в этих функциях и отражает когерентный характер процесса, точно описывает только квантовая динамика.

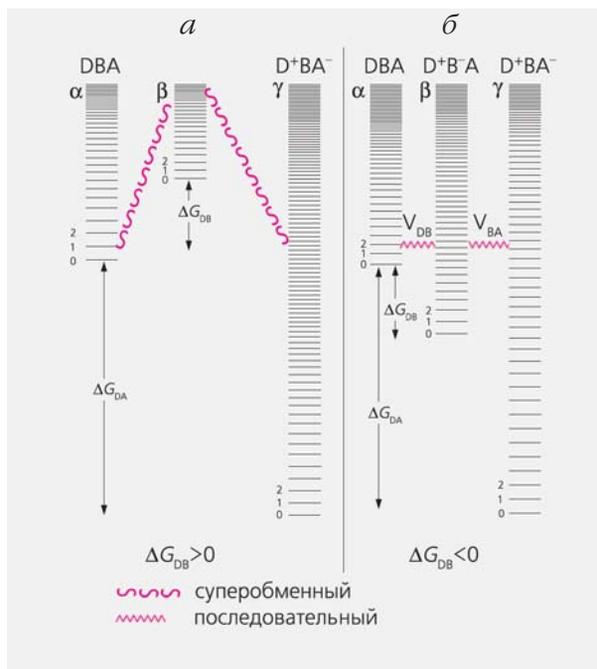


Рис.3. Схема энергетических уровней донора, мостика и акцептора при суперобменном (а) и последовательном (б) механизмах переноса электронов.

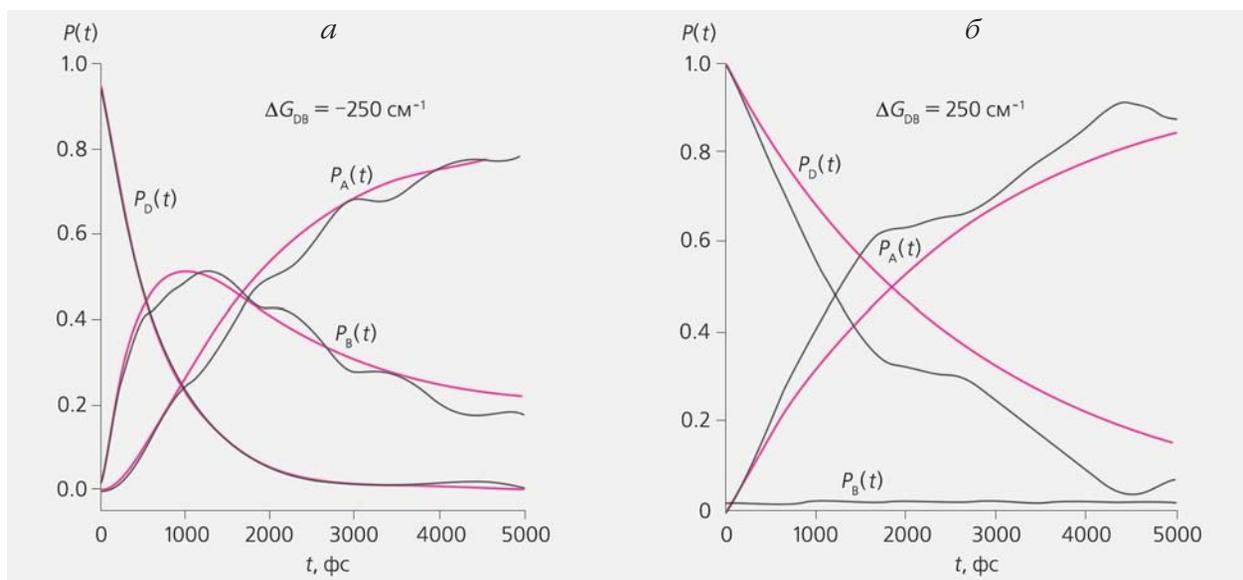


Рис.4. Сравнение результатов кинетического (цветные линии) и квантоводинамического (черные линии) расчетов заселенностей донора D, акцептора A и мостика B для последовательного (а) и суперобменного (б) механизмов.

Реальный процесс: фотосинтез

В качестве примера применения квантовой динамики к реальным окислительно-восстановительным процессам рассмотрим перенос электронов при фотосинтезе. Фотосинтез, как известно, — процесс преобразования световой энергии в энергию биомассы. В световых стадиях фотосинтеза энергия фотонов расходуется на создание электрохимического потенциала и через серию темновых реакций запасается в виде химической энергии. Световые реакции происходят в двух связанных пигментных системах: антенне и реакционном центре. Пигменты антенны поглощают световое излучение, и энергия возбуждения передается в реакционный центр фотосинтеза, где происходит разделение зарядов и создание мембранного потенциала путем электронного переноса. Строение реакционного центра и механизмы первичного переноса мы рассмотрим на примере наиболее подробно изученной системы — пурпурных бактерий [11] (для других живых организмов различие будет лишь в ряде деталей, см., например, [12]).

Понять устройство реакционного центра пурпурных бактерий помог метод рентгеноструктурного анализа. Основу центра составляет ядро (рис.5), которое состоит из донора электронов (димер бактериохлорофилла, D), двух молекул акцептора (бактериофеофитина, A), двух молекул хинона, которые впоследствии принимают электрон от акцептора. Центр имеет ось симметрии, которая проходит через середину донора. Таким образом, система переноса

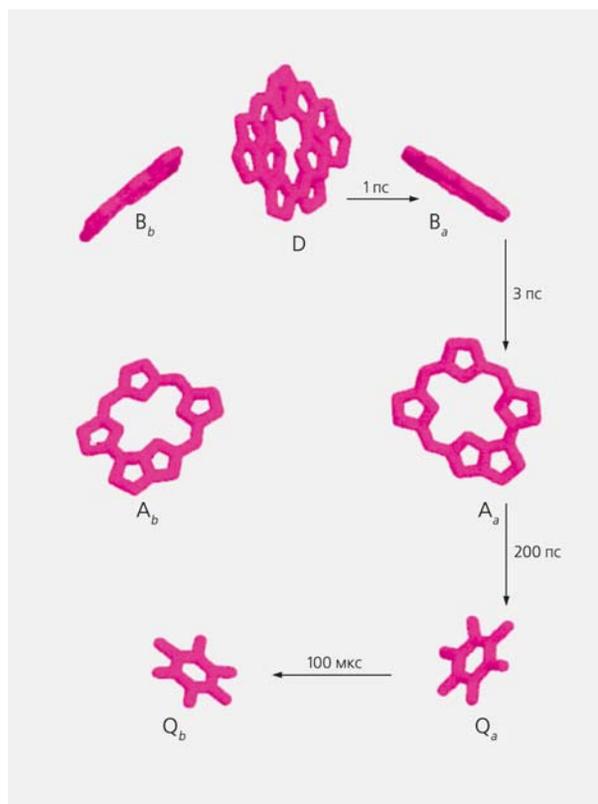


Рис.5. Строение ядра реакционного центра пурпурных бактерий. D — донор (димер бактериохлорофилла), B — мостики (молекулы бактериохлорофилла), A — акцепторы (молекулы бактериофеофитина), Q — молекулы хинона. Буквы a и b обозначают ветви переноса электрона.

электрона состоит из двух эквивалентных ветвей, обозначенных на рис.5 буквами *a* и *b*, однако удивительным образом перенос происходит только по одной из них — активной ветви *a*.

Донор электронов *D* служит восстановителем. При поглощении фотона сначала происходит первичный перенос: возбужденный донор очень быстро, за время около 4 пс, передает электрон через мостик *B* на акцептор *A*. При этом *D* окисляется до *D**, а *A* восстанавливается до *A⁻*:



Во вторичном, более медленном процессе происходит переход электрона от *A* к хинону *Q_a* (200 пс) и затем к хинону *Q_b* (100 мкс):



При поглощении второго фотона этот цикл повторяется. В результате хинон восстанавливается, а на мембране, окружающей реакционный центр, создается электрохимический потенциал [13].

Интересно, что в данном случае первичный перенос электрона (реакция (5)) реализуется по трем механизмам — последовательному, суперобменному и смешанному. Поскольку доля участия того или иного механизма в переносе зависит от разности энергий донора и мостика, изменяя эту величину, можно управлять механизмом процесса. Для этого проводят химическую или генетическую модификацию нативного реакционного центра. Например, замена всего лишь одной аминокислоты в белковом окружении центра позволяет перейти от последовательного механизма к суперобменному. Замена же трех аминокислот приводит к такому сдвигу энергии, при котором осуществляется смешанный механизм с преобладанием последовательного переноса при высоких температурах и суперобменного при низких [4].

Увеличение энергии акцептора электронов, например путем замены бактериофеофитина на растительный феофитин, позволяет вообще блокировать перенос электрона с мостика на акцептор и приводит к одностадийному переходу между донором и мостиком по схеме $DB \rightarrow D^*B^-$ [14]. Именно на примере этой реакции, протекающей в модифицированном реакционном центре, мы рассмотрим применение квантовой динамики к описанию переноса электронов при фотосинтезе.

В этой системе электронный перенос между донором и мостиком происходит очень быстро — примерно за 1 пс, поэтому для его экспериментального исследования необходимо применять спектроскопию с высоким временным разрешением, находящимся в фемтосекундном (10^{-15} с) диапазоне. Обычно за динамикой перехода наблюдают с помощью двухстадийной схемы «накачка-зондирование» [14]. Первый световой импульс длительностью около 30 фс переводит донор *D* в возбужденное электронное состояние *D** (вер-

тикальный электронный переход), из которого электрон перемещается на мостик (горизонтальный электронный переход):



Второй световой импульс с длиной волны 1020 нм поглощается продуктом реакции *D*B⁻* (рис.6), а интенсивность в спектре поглощения показывает, как развивается процесс накопления продукта во времени.

Динамика переноса электрона определяется как высокочастотными внутримолекулярными колебаниями, так и низкочастотными колебаниями, отвечающими взаимодействию молекул с белковым окружением. Первые обеспечивают собственно перенос, а вторые — колебательную релаксацию и рассеяние исходной колебательной энергии в среду. Во временном спектре поглощения продукта при малых временах чередуются максимумы и минимумы интенсивности (рис.7,*a*), что свидетельствует о когерентном обратимом характере процесса. На малых временах существенны только высокочастотные колебания, а низкочастотные моды, уничтожающие исходную колебательную когерентность, не успевают проявиться. В отсут-

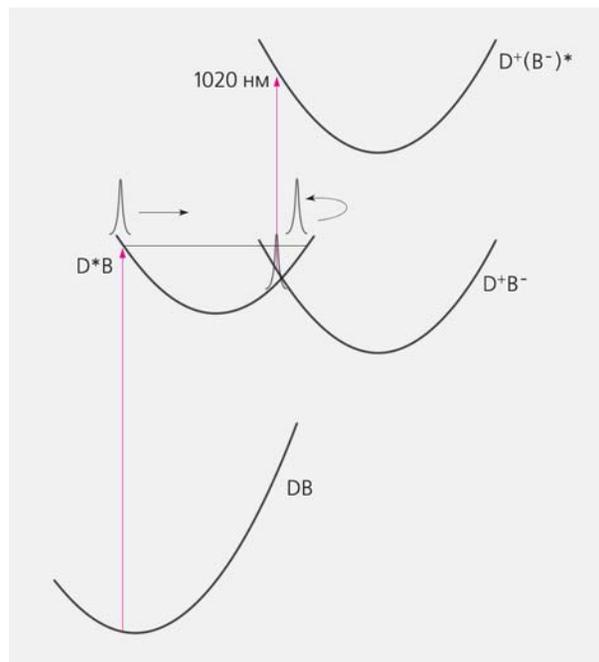


Рис.6. Одномерная модель переноса электрона в модифицированном реакционном центре. Волновой пакет (изображен в виде узкого пика) движется в состоянии *D*B* в сторону *D*(B⁻)**. В области пересечения потенциалов *D*B* и *D*(B⁻)** происходит расщепление пакета: часть переходит в *D*(B⁻)**, а другая часть продолжает движение в *D*B* и затем после отражения от потенциальной стенки возвращается обратно.

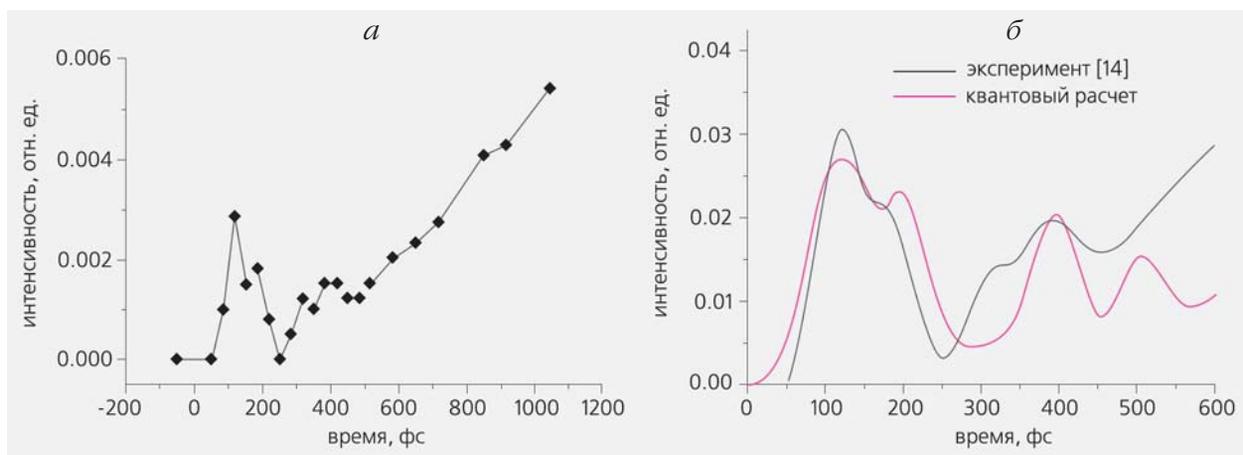


Рис.7. Измеренный временной спектр поглощения V^- в модифицированном реакционном центре (а) [14] и сравнение его (черная линия) с расчетным (цветная линия), полученным методами квантовой динамики [15] (б).

ствие механизма релаксации обратимые горизонтальные переходы между электронными состояниями D^*V и D^+V^- могли бы происходить неограниченно долго. Однако при временах, больших 500 фс, включаются низкочастотные колебания и накопление продукта становится монотонным, а электронный перенос — необратимым (рис.7,а).

При малых временах для описания когерентной динамики перехода можно использовать одномерную модель, в которой электронные состояния D^*V и D^+V^- описываются квадратичными потенциалами [15] (рис.6). В рамках этой модели он совершается так. Под действием лазерного импульса происходит электронное возбуждение донора и образуется нестационарное состояние — колебательный волновой пакет. При движении в состоянии D^*V пакет достигает области пересечения потенциалов, где расщепляется на две части: одна часть с некоторой вероятностью p переходит в состояние D^+V^- (т.е. имеет место перенос электрона от D к V), а другая с вероятностью $(1 - p)$ продолжает движение в исходном состоянии. Каждая из частей затем достигает поворотной точки соответствующего потенциала, после чего волновой пакет начинает двигаться в обратном направлении и может вновь достичь области пересечения, где перенос электрона может происходить уже в обратном направлении, от V^- к D^+ . Процессы расщепления волнового пакета повторяются до тех пор, пока движение пакета остается когерентным, а перенос электрона — обратимым. В результате многократных переходов зависимость заселенности электронных состояний от времени может иметь весьма сложный колеба-

чение потенциалов, где расщепляется на две части: одна часть с некоторой вероятностью p переходит в состояние D^+V^- (т.е. имеет место перенос электрона от D к V), а другая с вероятностью $(1 - p)$ продолжает движение в исходном состоянии. Каждая из частей затем достигает поворотной точки соответствующего потенциала, после чего волновой пакет начинает двигаться в обратном направлении и может вновь достичь области пересечения, где перенос электрона может происходить уже в обратном направлении, от V^- к D^+ . Процессы расщепления волнового пакета повторяются до тех пор, пока движение пакета остается когерентным, а перенос электрона — обратимым. В результате многократных переходов зависимость заселенности электронных состояний от времени может иметь весьма сложный колеба-

Лекторы

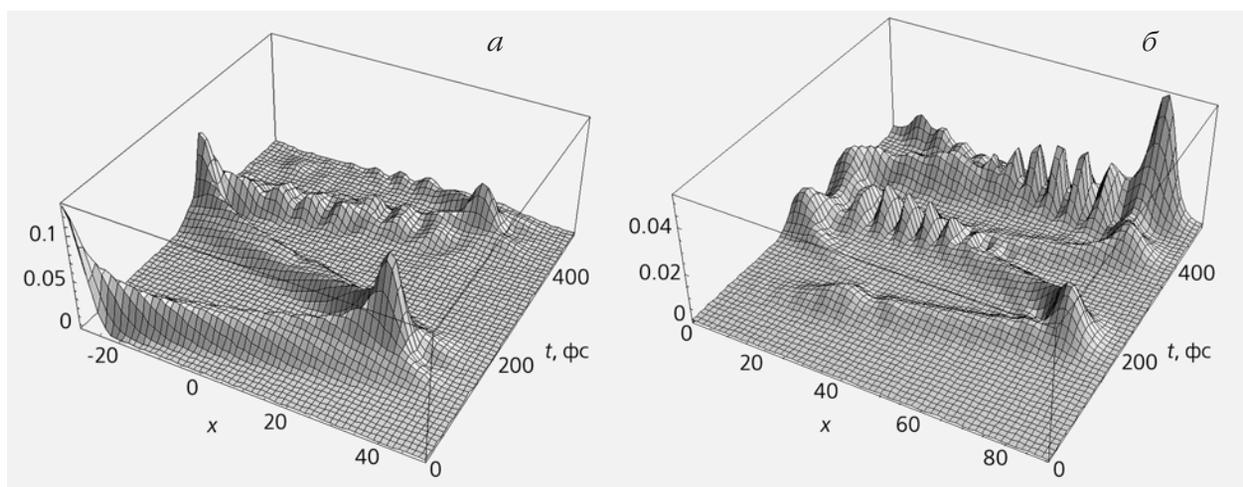


Рис.8. Пространственно-временная форма плотности вероятности колебательного волнового пакета для исходного состояния — DB , в котором электрон находится на доноре (а), и конечного состояния — D^+V^- , в котором электрон перешел на мостик (б).

тельный характер. Неоднократные переходы волнового пакета из одного состояния в другое и обратно хорошо видны на рис.8, где изображена пространственно-временная форма плотности вероятности $|\Psi(x,t)|^2$ в электронных состояниях донора и мостика. Расчет временного спектра поглощения, выполненный квантовым методом волновых пакетов с квадратичными потенциалами, показывает, что простая одномерная модель качественно правильно описывает динамику когерентного переноса электронов на временах до 500 фс, т.е. без учета релаксации [15]. При больших временах размерность и число параметров в модели необходимо увеличивать для учета взаимодействия мостика с белковым окружением.

Суммируя сказанное

Главная часть всех окислительно-восстановительных реакций — перенос электронов от восстановителя к окислителю. Этот процесс может занимать от 10^{-14} до 10^6 с, т.е. весь диапазон времен составляет 20 порядков. В большей части этого временного диапазона (от 10^{-12} с и выше) за время переноса электронов успевают установиться равновесное колебательное распределение ядер в реагирующих молекулах, поэтому для описания скорости окислительно-восстановительной реакции используют методы химической кинетики. В равновесных теориях электронного переноса константа скорости выражается через молекулярные параметры — энергию взаимодействия электронных состояний донора и акцептора и усредненный горизонтальный фактор Франка—Кондона, который определяется температурой и разницей энергий донора и акцептора (формула (1)).

Сверхбыстрый переход, занимающий время, меньшее 1 пс, происходит в неравновесном коле-

бательном режиме, поэтому для него методы химической кинетики неприменимы. На смену ей приходит квантовая динамика, которая рассматривает перенос электрона как результат колебаний ядер, т.е. движения колебательного волнового пакета между состояниями DA и D^+A^- . Перенос может происходить при таких положениях ядер, при которых энергии этих двух состояний близки и колебательный волновой пакет способен переходить из одного состояния в другое. Зависимость общей заселенности электронных состояний от времени отражает динамику процесса. Функции заселенности можно моделировать с помощью формальной кинетики, однако в этом случае эффективные константы скорости оказываются зависящими от времени (формула (2)).

Для экспериментального исследования сверхбыстрого переноса используют многоимпульсную фемтосекундную спектроскопию. В типичном эксперименте импульс накачки инициирует реакцию, а зондирующий импульс приводит к формированию временных спектров излучения или поглощения, в которых зависимость интенсивности сигнала от времени несет информацию о развитии процесса. Методы квантовой динамики позволяют моделировать эти спектры, основываясь на моделях электронных состояний донора и акцептора, и получать хорошее согласие теории с экспериментом (рис.7,б).

Построение квантоводинамических моделей сверхбыстрого перехода необходимо, в первую очередь, для того, чтобы понять, какие именно параметры молекул донора и акцептора определяют механизмы и скорость процесса и как нужно изменять эти параметры с целью повлиять на течение окислительно-восстановительной реакции. Ведь именно управление химическими и биохимическими процессами — главная цель химии XXI в. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 06-03-32521) и Федерального агентства по науке и инновациям (тема 2006-РИ-19.0/001/656).

Литература

1. Marcus R.A. // J. Chem. Phys. 1956. V.24. №5. P.966—978.
2. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х т. Т.1: Теоретическая биофизика. Гл.5. М., 1999.
3. Бучаченко А.Л. // Вестник РАН. 1999. №9. С.833—834.
4. Vixson M., Jortner J. // Adv. Chem. Phys. 1999. V.106. P.35—201.
5. Эйринг Г., Лин С.Г., Лин С.М. Основы химической кинетики. М., 1983.
6. Tominaga K., Kliner D., Johnson A., Levinger N., Barbara P. // J. Chem. Phys. 1993. V.98. №2. P.1228—1243.
7. Seel M., Engleitner S., Zinth W. // Chem. Phys. Lett. 1997. V.275. №3—4. P.363—369.
8. Еремин В.В., Кузьменко Н.Е. // Природа. 2005. №8. С.3—10.
9. Саркисов О.М., Уманский С.Я. // Усп. химии. 2001. Т.70. №6. С.515—538.
10. Vixson M., Jortner J. // J. Chem. Phys. 1997. V.107. №13. P.5154—5170.
11. Hoff A.J., Deisenhofer J. // Phys. Rep. 1997. V.287. P.1—247.
12. Карапетян Н.В. // Вестник РФФИ. 2003. №3. С.5—22.
13. Sundstrom V. // Progr. Quant. Electronics. 2000. V.24. P.187—238.
14. Yakovlev A.G., Shkuropatov A.Y., Shvalov V.A. // FEBS Lett. 2000. V.466. P.209—212.
15. Еремин В.В., Глебов И.О., Разоренова С.С. и др. // Журнал физ. химии. 2006. №7.

Экзорфины — хорошо или плохо?

А.А.Каменский, В.А.Дубынин, Ю.А.Беляева

Общеизвестно, что пища для нас — источник энергии и строительных материалов. Значит, часть ее компонентов организм человека «сжигает» (окисляет), а часть использует для создания собственных молекул — как правило, различных биополимеров. Однако целый ряд соединений, входящих в состав пищи, способен выполнять еще и регуляторные функции — тормозить либо ускорять различные процессы, протекающие в наших клетках и тканях. В наиболее яркой форме это проявляется тогда, когда вещества пищевого происхождения похожи на гормоны и медиаторы (проводники сигналов в эндокринной и нервной системах). Примерами служат кофеиноподобные вещества, тирамин, который входит в состав сыров и схож с адреналином, соли глутаминовой кислоты, в больших дозах активирующие работу мозга.

Многие гормоны и медиаторы представляют собой относительно короткие фрагменты белковых молекул — пептиды. Соответственно, всегда существует вероятность, что в составе пищевого белка найдутся аналогичные последовательности. Если они должным образом защищены от переваривания (например,



Андрей Александрович Каменский, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных биологического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова, заведующий лабораторией молекулярных основ регуляции поведения Института молекулярной генетики РАН. Занимается изучением нейротропных эффектов регуляторных пептидов различных классов.



Вячеслав Альбертович Дубынин, доктор биологических наук, профессор той же кафедры. Область научных интересов — нейрофармакология поведения (в частности, материнско-детского взаимодействия). Автор нескольких учебных пособий и более 40 научных статей.



Юлия Андреевна Беляева, аспирантка той же кафедры. Исследует влияние экзорфинов на поведение детенышей белых крыс.

© Каменский А.А., Дубынин В.А., Беляева Ю.А., 2006



Рис. 1. Распространение и влияние биологически активных пептидов пищевого происхождения (обычно — пролин-содержащих) в организме.

остатками аминокислоты пролина), то, выщепляясь при распаде белка в желудочно-кишечном тракте, эти фрагменты проникают в кровь и действуют как специфические регуляторы (рис.1).

Эндорфины — опиоидные пептиды, синтезируемые мозгом, — известны уже более 30 лет. Однако кроме них имеется целый класс опиоидов, входящих в состав пищевых белков.



Рис.2. Аминокислотный состав эндорфинов и экзорфинов и основные эффекты их действия.

Поскольку они поступают в организм извне, их назвали экзорфинами (рис.2). К этой группе относят пептиды, выщепляющиеся из пшеничного белка глютена (экзорфины А, В и С) и казеинов молока (казоморфины). Сюда же примыкают соединения, образующиеся при распаде гемоглобина (геморфины), цитохромов (цитохрофины) и ряд других.

И опиоидные пептиды, и опиаты (морфин, кодеин и др.) реализуют свое регуляторное действие через так называемые опиоидные рецепторы. Однако если действие опиатов можно однозначно расценивать как вредоносное (за исключением снятия сильной боли, связанной с тяжелыми повреждениями организма), то предвидеть возможные эффекты экзорфинов далеко не так просто. В конце концов, опиоидные пептиды мозга (эндорфины) регулируют целый ряд функций организма в норме; без них растет болевая чувствительность и тревожность, падает стремление детеныша находиться в контакте с матерью. Соответственно, экзорфины, умеренно усиливая эти функции, могут оказывать благоприятное действие. Вместе с тем их переизбыток способен приводить к различным нарушениям, особенно при повышенном содержании в организме опиоидных рецепторов (рис.3).

Действительно, диетологи уже довольно давно обратили внимание, что при избытке экзорфинов в пище возможны неблагоприятные психические и неврологические изменения. Так, еще в 70-х годах XX в. предположили, что глютен и казеины способствуют развитию шизофрении и аутизма. Существует гипотеза о влиянии на возникновение шизофрении двух факторов: генетических аномалий, вызывающих повышенную проницаемость кишечных мембран, и диеты, содержащей избыток глютена и казеинов. При их совпадении в крови и мозговой жидкости (ликворе)

накапливаются экзорфины, что может привести к появлению симптомов психического расстройства.

Все это выглядит вполне логично. Однако пока в ходе разработок и практического применения специальных «антишизофренических» (свободных от глютена и казеина) диет клиницисты получают противоречивые данные. Они не позволяют к настоящему моменту достоверно подтвердить терапевтическую эффективность подобного подхода в случае взрослых пациентов.

Сходная ситуация сложилась и у новорожденных. В грудном молоке человека, как известно, количество казеинов существенно меньше, чем в смесях-заменителях, основанных на коровьем молоке. Это навело на мысль о неблагоприятном (в плане последующего развития шизофрении) влиянии искусственного вскармливания. Однако ретроспективное изучение особенностей питания больных шизофренией на первом году жизни не дало однозначного результата.

Весьма актуальна также проблема раннего детского аутизма, заболевания, которое характеризуется отставанием в формировании речевых навыков, проблемами в общении, набором стереотипных привычек. Раньше аутизм считался редким заболеванием (меньше пяти случаев на 10 тыс. детей). Но за последние 20 лет количество таких случаев увеличилось во много раз. В США сейчас в среднем регистрируется один больной на 250 человек; мальчики страдают аутизмом в четыре раза чаще, чем девочки.

Обнаружено, что у аутичных детей нередко аномальная пищеварительная система. Причину тому много: хроническое воспаление, вызванное вирусными инфекциями и аутоиммунными реакциями; поражение слизистой «враждебной» микрофлорой; дисфункции поджелудочной железы. Все это может при-

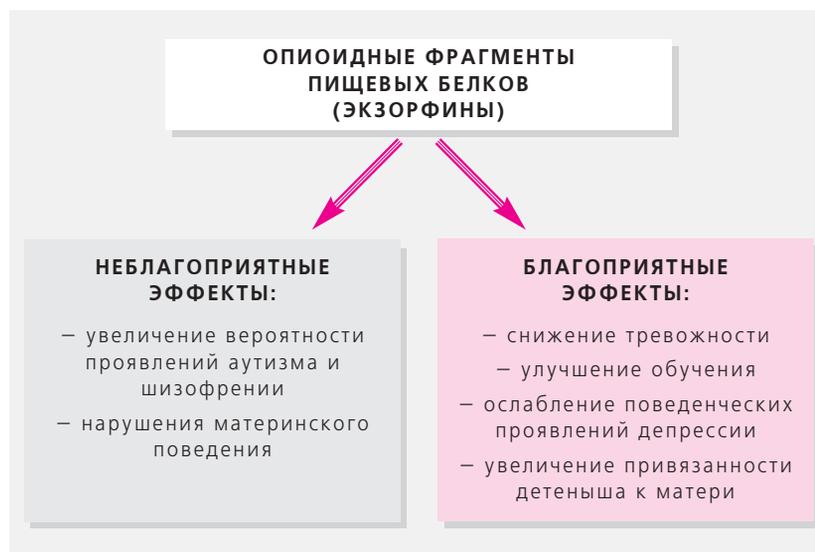


Рис.3. Сводка современных (в ряде случаев — гипотетических) представлений о специфике нейротропных эффектов, вызванных опиоидными пептидами пищевого происхождения. Часть исследователей настаивает на неблагоприятной направленности развивающихся изменений. Однако не исключено, что более важно благоприятное влияние экзорфинов на деятельность нервной системы.

водить к неполному расщеплению пищевых белков, в результате чего экзорфины проникают в кровь через поврежденные стенки кишечника. Кроме того, у аутичных детей часто снижена активность фермента дипептидилпептидазы IV (DPIV). Этот фермент отвечает за распад обогащенных пролином пептидных молекул, в число которых, как уже говорилось, и входят экзорфины. Формирующийся в итоге избыток экзорфинов в организме может, подобно опиатам, нарушать активность мозга ребенка, ухудшая обучаемость, социальные контакты, двигательные и сенсорные функции.

Вспомним также о целиакии — аутоиммунном нарушении, при котором повреждается тонкая кишка. Среди европейцев эта патология — одна из распространенных, имеющих генетическую основу. Так, в Италии ею страдает один человек из 250. Иногда целиакия проявляется после хирургического вмешательства, вирусного заболевания, тяжелого стресса. Та-

кие больные не переносят глютен пшеницы и глютеносодержащие белки некоторых других злаков. На потребление пищи, содержащей глютен, их иммунная система отвечает повреждением тонкой кишки. В результате в желудочно-кишечном тракте нарушается всасывание питательных веществ и, независимо от количества съеденного, развивается истощение. Это в свою очередь увеличивает риск появления малокровия, судорог, опухлых процессов. Отсутствие лечения целиакии у детей грозит им низкорослостью.

Лучший способ борьбы с целиакией — строгая безглютеновая диета. Для большинства больных она достаточна, чтобы остановить симптомы, устранить уже имеющиеся повреждения и предупредить возникновение новых. Однако такая безглютеновая диета необходима пожизненно: никаких продуктов, включающих пшеницу, рожь, ячмень и овес.

Экзорфины молочного и пшеничного происхождения

буквально ворвались в жизнь человека в эпоху неолита, когда возникало сельское хозяйство. Около 10 тыс. лет назад люди в разных уголках планеты начали сажать семена зерновых культур и селиться вокруг полей; стали одомашнивать скот, в числе прочего для получения молока. Сельское хозяйство, основанное преимущественно на выращивании пшеницы и ячменя, впервые появилось на Ближнем Востоке и быстро распространилось на запад Азии, Египет, Европу. Сейчас около 2/3 потребляемого человечеством белка приходится на зерновые культуры.

Современная диета человека сильно отличается от таковой у близкородственных приматов и ранних гоминид. Вряд ли до появления сельского хозяйства она включала изделия из дробленого зерна и молока в столь заметных количествах. Австралопитеки, судя по всему, были всеядными животными, сходными в питании с современными шимпанзе. Диета человека палеолита также состояла из мяса, фруктов, орехов, корнеплодов и клубней. В настоящее время не только снижено потребление белков (табл.1), но и кардинально изменены их источники

(табл.2). Доминирование протеинов злаков и молока привело к «вторжению» экзорфинов в наше питание.

Существует предположение, что к молочным и зерновым продуктам нас влечет (по крайней мере в определенной степени) присутствие в них экзорфинов. Такую точку зрения отстаивает, например, австралийский этолог Г.Вадли. Он считает, что экзорфины, обладая опиоидными свойствами, могли вызывать положительные эмоции, и люди, преуспевшие «в употреблении большого количества зерен, открыли для себя опосредуемое ими удовлетворение». Более того, снижение на фоне потребления экзорфинов тревожности и агрессивности могло способствовать росту внутригрупповой терпимости, а значит — увеличению численности поселений, возникновению городов и в целом становлению цивилизации! С другой стороны, есть целое диетологическое направление, отстаивающее возврат к «палеолитической диете» как более естественной и защищающей нас от многих заболеваний. С точки зрения ее последователей экзорфины — несомненное зло.

Но не будем впадать в крайности. Вполне очевидно, что,

несмотря на связь с рядом патологий, экзорфины могут вызывать положительные эффекты. Вместе с тем естественная регуляторная функция в ряду экзорфинов присуща только казоморфинам и только при питании новорожденных материнским молоком. Казоморфины как «пищевые гормоны» безусловно играют важную роль в развитии детенышей млекопитающих. Исследования на крысах показывают, что однократное их введение снижает тревожность детенышей, увеличивает исследовательскую мотивацию и способность к обучению.

Более того, начатые нами еще в 90-х годах исследования доказывают, что при хроническом введении (например, в первую-вторую недели жизни) эффекты казоморфинов становятся устойчивыми и сохраняются даже у взрослых экспериментальных животных. Примером может служить тестирование белых крыс в так называемом «крестообразном приподнятом лабиринте» (КПЛ) и в условиях «принудительного плаванья». Первый из названных методов позволяет оценить, какую долю времени животное проводит на открытых, ярко освещенных площадках, расположенных довольно высоко над полом. При этом у него есть возможность не выходить на свет, а остаться в затемненных и безопасных отсеках лабиринта. Тревожные, пугливые особи так и поступают. Однако в норме крысы, как весьма любопытные существа, все же периодически выходят на открытые рукава, свешиваются с них, совершают активные исследовательские движения. Чем меньше тревожность, тем больше таких проявлений. Показано, что их количество достоверно выше у животных, получавших в раннем постнатальном периоде β -казоморфин-7 (это один из наиболее характерных опиоидных фрагментов β -казеина молока коровы). Опыты проводились в возрасте 3 месяца, т.е. после дости-

Таблица 1

Доля белков, жиров и углеводов в диете палеолитического и современного человека, %

Состав	Время	
	Палеолит	Современность
Белки	38	15
Жиры	22	34
Углеводы	40	49

Таблица 2

Доля белков разного происхождения в общем белковом рационе палеолитического и современного человека, %

Источник	Время	
	Палеолит	Современность
Мясо, рыба, яйца, беспозвоночные	около 60	около 20
Бобовые, орехи	около 40	0–5
Злаки	0–5	50–70
Молоко	0	около 20

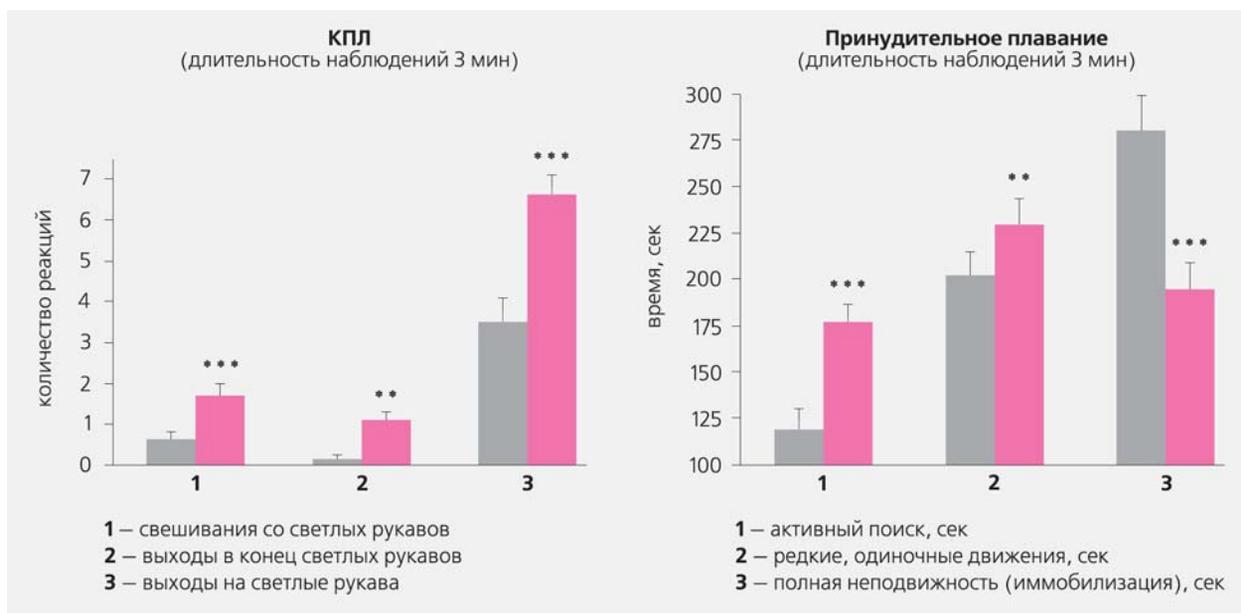


Рис.4. Результаты тестирования белых крыс на фоне введения β -казоморфина-7. В крестообразном приподнятом лабиринте (КПЛ) у экспериментальных животных (цветные столбики) по сравнению с контрольными (серые столбики) значительно возросло количество реакций, свидетельствующих о снижении тревожности. В условиях «принудительного плавания» проявления депрессивности явно ослаблены. Метки ** и *** указывают на высокий уровень достоверности выявленных отличий опытной и контрольной групп (вероятность ошибки меньше 1% и 0.1% соответственно). Тестирование проводилось в трехмесячном возрасте.

жения крысами половой зрелости (рис.4, слева).

В тесте «принудительное плавание» крысу помещают на фиксированное время в цилиндрическую емкость с водой (28°C) и наблюдают за ее реакцией. Как правило, вначале животное активно плавает и старается выбраться из цилиндра, чему мешают высокие бортики. Попытки становятся все реже, короче, и обычно через 3–5 мин крыса неподвижно зависает в воде, прекратив «сопротивление». То, как быстро это произойдет, служит мерой депрессивности животного и показывает, насколько мотивирован поиск способа покинуть неприятную среду. Здесь уместно вспомнить сказку о двух лягушках, упавших в сметану. Одна из них (более «депрессивная») быстро прекратила сопротивление и утонула; вторая же, постоянно двигаясь, сбила масло и спаслась. Согласно нашим данным, животные, получившие β -казоморфин-7, даже

спустя два с половиной месяца активнее, чем контрольные, и более «упорны» в поисках выхода из потенциально опасной ситуации (рис.4, справа). Сходное действие на поведение животных и человека оказывают все классические препараты-антидепрессанты.

Другая сторона проявления благоприятной нейротропной активности опиоидных фрагментов молочных белков — усиление привязанности детеныша к матери. Как известно, близость к ней служит для новорожденного особым видом положительного подкрепления. Детеныш воспринимает мать не только как источник тепла и пищи, но и как фактор, с которым стремится быть в контакте (тактильном, обонятельном, визуальном, звуковом). Нарушение либо неполное выполнение этой врожденной программы может привести в дальнейшем к зоосоциальной дезадаптации: молодое животное не сможет

нормально общаться с родителями, соседями по стае, потенциальными половыми партнерами.

Тестирование детского (зависимого от самки) поведения новорожденных белых крыс проводится следующим образом. Сначала мать на время погружают в состояние глубокого сна и аккуратно кладут на бок в центре арены. Затем детеныши из ее выводка (в одной серии опытов еще слепые, в возрасте 10 дней; в другой — недавно прозревшие в возрасте 17 дней) помещаются к спине самки (рис.5, справа). Оцениваются: подталкивания матери, попытки влезть на нее («клайминг»), скорость обхода ее тела, латентный период присасывания и т.д. После первого тестирования детеныши опытной группы получают инъекцию исследуемого препарата, а контрольные крысята — укол растворителя. На последнем этапе детеныша еще раз прикладывают к телу спящей

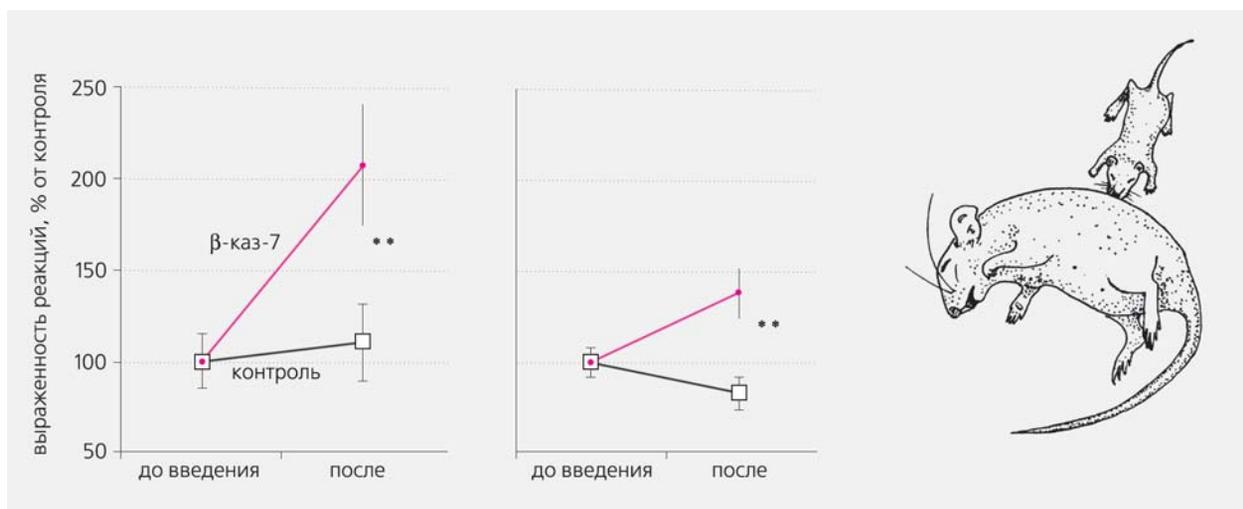


Рис.5. Зависимость поведения детенышей белых крыс в возрасте 10 дней (слева) и 17 дней (справа) от β -казоморфина-7. Данные пронормированы относительно первого тестирования (левая точка на графиках соответствует 100%).

самки и повторно оценивают его поведение.

Оказалось, что в контрольной группе результаты двух последовательных тестирований зависимых от матери реакций очень близки: их проявления могут немного возрастать либо ослабляться, но в целом меняются незначительно. Однако такие изменения более выражены, если воздействовать на опиоидные рецепторы. Так, их классический блокатор налоксон (в клинике его применяют для устранения последствий передозировки опиатов) достоверно ослаблял детское поведение. Этот препарат выключает эндогенную опиоидную систему мозга, чье участие в запуске зависящих от матери реакций достаточно хорошо установлено. Использование β -казоморфина-7, напротив, усиливало детское поведение: латентные периоды реакций заметно сокращались, а интенсивность клайминга увеличивалась в обеих возрастных группах (рис.5, слева).

Важно, что β -казоморфины не влияют на тревожность и депрессивность животных до возраста 21–28 дней. Тревожность еще незрелых детенышей

оценивают, измеряя их ультразвуковую вокализацию: интенсивность и количество «призывных» криков вынутых из гнезда крысят. С другой стороны, для проявления анальгетических (снижающих болевую чувствительность) эффектов β -казоморфинов, например у 10-дневных крысят, требуется доза в четыре раза большая, чем в случае усиления детского поведения. Следовательно, не исключено, что зависящие от самки реакции — это наиболее чувствительный к экзорфинам блок поведенческих программ новорожденных млекопитающих. На анатомическом уровне за его запуск отвечают специфические зоны переднего гипоталамуса. Соответственно, полное удаление казоморфинов (и казеинов) из пищи вряд ли целесообразно. А ведь именно это происходит при замене материнского молока гипоаллергенными соевыми смесями.

Один из наиболее спорных вопросов — влияние экзорфинов на родительскую мотивацию. Эндогенные и экзогенные опиоиды, как правило, ослабляют заботу о детенышах, что в наиболее яркой форме проявляется в случае морфина и мор-

финоподобных соединений. При этом возникает материнская депрессия — равнодушие к детенышам. Есть данные, что в развитии такого состояния могут участвовать и β -казоморфины, причем их источником служит не пища, а образующиеся в организме кормящей самки продукты распада ее собственных молочных белков.

В наших экспериментах материнское поведение белых крыс тестировалось в 4–9 дни после родов (рис.6, справа). На освещенную круглую арену помещалась стеклянная чашка с тремя детенышами. Самку (их мать) переносили на край арены, и далее фиксировали различные родительские реакции, в том числе подходы к крысятам и их переносы. В разные дни опыта проводилось контрольное тестирование либо оценка материнского поведения на фоне введения препаратов (часть результатов представлена на рис.6, слева).

На первом этапе изучали β -казоморфин-7, состоящий из семи аминокислот — Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly-Pro-Ile (на рисунке каз-7), причем находящийся на N-конце тирозин наиболее важен для присоединения к опио-

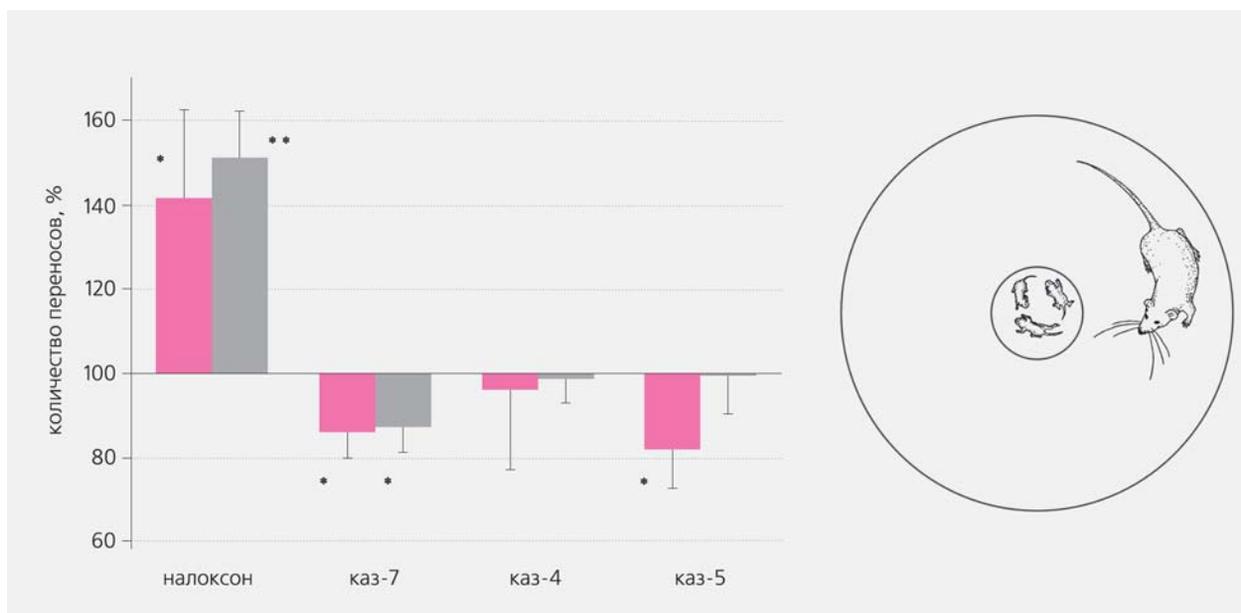


Рис.6. Изменение количества переносов детенышей (цветные столбики) и подходов к ним у кормящих самок белых крыс под действием налоксона и различных β-казоморфинов. Уровень 100% соответствует реакциям, зарегистрированным в ходе контрольного (без введения препаратов) тестирования. Легко заметить, что β-казоморфин-7 и одно из его производных ослабляют материнскую мотивацию, а налоксон — значительно усиливает. Метка * указывает на достоверное отличие от контрольного уровня (вероятность ошибки меньше 5%).

идным рецепторам. Показано, что пептид уменьшает число подходов к крыскам и количество их переносов (на 15–20% от контрольного уровня). Укорочение молекулы с С-конца, не затрагивающее остаток тирозина (Tyr-Pro-Phe-Pro-Gly — каз-5), ослабляет, но не устраняет способность влиять на родительские реакции. Удаление тирозина (вводился тетрапептид Phe-Pro-Gly-Pro — каз-4) приводит к полной потере активности. Налоксон при тестировании в тех же условиях достоверно (примерно в полтора раза) усиливает интенсивность материнского поведения.

В целом можно заключить, что хотя β-казоморфины и способны ослаблять родительское

поведение, их эффекты (по крайней мере в наших экспериментах) носят достаточно мягкий характер. Не исключено, что в реальных условиях опиоидные фрагменты молочных белков могут выполнять даже биологически полезную функцию, блокируя избыточные проявления материнской мотивации (признаки «материнского психоза»). Для развития же симптомов материнской депрессии, вероятно, важна исходно повышенная чувствительность опиоидной системы мозга самой женщины. В таком случае «факторами риска» оказываются не только экзорфины, но и эндорфины.

Область физиологии, изучающая взаимовлияние питания

и психики, еще молода, но надежды на нее возлагаются большие. Активно изучается возможное воздействие отдельных компонентов пищи на эмоции, мышление, двигательную сферу. И не последнее место в ряду этих работ занимают исследования экзорфинов. Игнорировать то, что экзорфины мы потребляем хронически (несколько раз в день в течение всей жизни), было бы странно. От нас требуется как можно четче разграничить их положительные и отрицательные эффекты; определить ситуации, в которых присутствие экзорфинов в пище желательно и даже необходимо, от ситуаций, в которых они способны наносить организму вред. ■

Геология

Мавританское «око» Африки

В мавританской пустыне из космоса была замечена геологическая формация рихат. Она имеет форму концентрических колец, что дало повод исследователям назвать ее «оком» Африки. Как только это образование было обнаружено, его возникновение объяснили падением метеорита. Однако такое первоначальное заключение не позволяло объяснить все характерные особенности этого эродированного купола, например наличие в самом его центре необычных пород.

Новые исследования формации рихат указывают на ее вулканическое происхождение. Канадские геологи с помощью модели, описывающей сопряженные магматические и гидротермальные процессы, впервые объяснили особенности этой формации.

La Recherche. 2005. №390. P.12 (Франция).

Палинология

Палинология на службе криминалистики

Новым направлением в криминалистических исследованиях стал спорово-пыльцевой анализ, помогающий при решении многих вопросов, на которые другие методы достоверных ответов не дают. Л.И.Токарев, В.М.Леунова, Л.Н.Адамов (Институт криминалистики ФСБ России) отмечают, что в связи с расширением круга исследуемых объектов (дела по террористическим актам, контрабанде наркотиков и стратегически важных сырьевых материалов и др.) возросла потребность в использовании дополнительной научной информации. Значительную помощь в этих случаях оказывает спо-

рово-пыльцевой анализ. Он позволяет, в частности, выявить географический район, в котором находился объект, поступивший на изучение, определить время пребывания объекта в конкретном районе (весна, лето, осень) и т.д. Установить это удастся благодаря тому, что на поверхности такого объекта за определенное время накапливаются выпавшие из воздуха пыльца и споры, а хорошо известно, что растения даже в одном фитоценозе цветут в разное время. Анализируя сроки начала и окончания цветения тех или иных растений, можно получить конкретную дополнительную информацию.

Материалы XI Всесоюзной конференции «Палинология: теория и практика». М., 27 сентября — 1 октября 2005 г. С.255.

Климатология. Социология

Коренное население Арктики и глобальное изменение климата

Как подтверждает проведенное сотрудниками Института вычислительной математики РАН масштабное моделирование динамики климата, именно в Арктике его изменения особенно ярко выражены, а арктические экосистемы наиболее уязвимы. К тому же хозяйственная деятельность человека вызвала столь быстрые изменения среды, что коренное население Севера, чье существование целиком зависит от качества природных ресурсов и условий доступа к ним, уже не в состоянии адаптироваться к таким изменениям. Это приводит к социальному напряжению, психологическим стрессам, развитию депрессивного и асоциального поведения — возникла проблема самого выживания этносов.

Некоторые виды биологических ресурсов реагируют на сдвиги температурного и гидрологического режимов изме-

нением ареалов своего распространения; происходит смена растительных видов или их смещение в широтном направлении. Общины же коренного населения Арктики, зажатые в пространстве новыми условиями землепользования и постоянным расширением районов добычи полезных ископаемых, практически не имеют возможности сохранить свой традиционный образ жизни за счет откочевки на новые места, смены пастбищ и охотничьих угодий.

Принимая во внимание существенные климатические изменения и их социальные последствия, ученые Института системного анализа РАН считают необходимым разработать компенсационные и реабилитационные программы для коренных жителей Арктики.

Тезисы XVI Международной конференции по морской геологии «Геология морей и океанов». М., 14–18 ноября 2005 г. Т.1. С.42–45.

Этология

Слоны — подражатели звукам

Оказывается, подражать звукам умеют не только дельфины, киты, летучие мыши и некоторые виды птиц, но и слоны. Так, десятилетняя африканская слониха Млейка из кенийского национального парка «Цаво» весьма искусно имитирует шум от проносящихся мимо грузовиков. Другой пример: 23-летний африканский слон Калимеро, на протяжении 18 лет проживающий в швейцарском зоопарке вместе с двумя азиатскими слонихами, научился издавать некоторые звуки, свойственные лишь азиатским слонам.

П.Тайек (Р.Туаск; Венский университет, Австрия) считает вполне вероятным, что подобными способностями обладают и другие виды животных с социальным поведением.

Sciences et Avenir. 2005. №700. P.40 (Франция).

Как открыть новый минерал

Р.К.Расцветаетаева

Данный очерк — не научный трактат и не пособие по открытию новых минералов, это взгляд на проблему изнутри. Минерал — природное твердое, как правило, кристаллическое вещество, характеризующееся определенным химическим составом и строением. Кристаллическое — означает построенное периодическим повторением в пространстве одной и той же структурной единицы, которая называется элементарной ячейкой. Химический состав и кристаллическое строение — две важнейшие характеристики минерала, как и любого химического соединения. Почему же химических соединений известно более 3 млн [1, 2], а минералов всего 4300? Предлагаемая вниманию читателя статья позволит задуматься об этом и многих других аспектах научной деятельности под названием «открытие минералов».

На вопрос, что легче открыть — новую звезду, новый биологический вид или новый минерал, — большинство ответит, что, конечно же, минерал. Звезда далеко, попробуй ее разгляди. Живое существо еще поймать надо. Оно ведь может улететь, убежать, уползти, нырнуть в воду, зарыться в землю... А минерал никуда не денется, лежит себе и лежит. И всегда под рукой, вернее — под ногой. Бери и открывай. Но посмотрим, как это происходит на деле в наши дни.

© Расцветаетаева Р.К., 2006



Рамиза Кераровна Расцветаетаева, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН, основные ее работы посвящены проблемам структурной минералогии. Совместно с другими исследователями ею открыто более 50 новых минералов. Рамиза Кераровна — лауреат главной премии Международной академической издательской компании «Наука» (1999) и двух премий Российского фонда фундаментальных исследований за лучшую

научно-популярную статью (2002, 2004). Она придумала особый жанр — минералогическую сказку, и постоянно (начиная с 2001 г.) публикует эти необыкновенные сказки в нашем журнале. В прошлом году солидный научный журнал немецкого минералогического общества «DMG-Forum» начал печатать в переводе на немецкий язык ее сказку «Конкурс красоты». В честь Рамизы Кераровны назван один из минералов группы эвдиалита — расцветаетавит.

В апреле Рамизе Кераровне исполнилось 70 лет. Редакция поздравляет юбиляра и желает здоровья, творческих удач, благополучия и новых публикаций в нашем журнале.

Немного истории

Изучение минерального мира началось с описания внешнего вида минералов, и в первую очередь самоцветных, которые своей красотой привлекали внимание людей с незапамятных времен. Еще в IV—III вв. до н.э. в Греции Аристотелем и его учеником Теофрастом было описано 16 минералов, главным образом драгоценных камней. Позднее

в I в. н.э. римский натуралист Плиний Старший в своей энциклопедии «Естественная история» посвятил описанию минералов пять томов. В России первые описания драгоценных камней появились в XVIII в., и тогда же М.В.Ломоносов выдвинул идею о создании общей системы минералогии Российской. Всего до 1800 г. было известно менее 100 минеральных видов. А спустя 200 лет число их перевалило за

4000, причем самоцветы составляют лишь незначительную часть (около 100). За последние 25 лет кадастр минеральных видов вырос на целую тысячу, и скорость открытия за это время составила в среднем 40 минералов в год. В частности, в 2004 г. было открыто 55 минералов, из них 15 приходится на Россию (в отдельные годы на Россию приходилось до 1/3 новых минералов). Вот и получается, что темпы открытия не только не снижаются, но и возрастают. Как можно объяснить такой парадокс?

С развитием методов диагностики исследования минералов перешло на новый уровень. Описательная наука дополнилась исследованиями химического состава, физических свойств, информацией об атомном строении. И теперь, чтобы минерал был принят к рассмотрению как новый (или, более строго, как новый минеральный вид), необходимо охарактеризовать параметры его ячейки и симметрию и желательнее, а в наиболее сложных случаях, как в эвдиалитах (согласно решению подкомиссии по данной группе), обязательно нужно указать и структурные параметры — позиции атомов. Ведь внутри ячейки каждому атому отведено свое место. Замена одного на другой, конечно же, допустима, но в малой степени. Если в какой-то позиции заместить более 50% атомов атомами другого сорта, то мы уже будем иметь дело с другим минеральным видом («правило 50-ти %»), хотя структура при этом может оставаться прежней. При сложном наборе взаимозаменяемых элементов (изоморфизме) достаточно преобладания одного элемента над другими в одной из позиций, чтобы минерал был признан самостоятельным видом. Показательный пример — эвдиалит (цирконосиликаты сложного состава и строения). Еще 15 лет назад он считался минеральным видом, а все родственные ему минералы — его

химическими разновидностями. Сегодня эвдиалит имеет статус главы группы, в которой известно уже более 20 минеральных видов (в том числе установленные при моем участии аллуайвит, фекличевит, аквалит, лабиринтит, раслакиит, расцветавит, икранит, голышевит, моговидит, георгансановит и дуалит). И это еще не предел, ведь только для натрия в структуре имеется восемь позиций, где он может замещаться иными, близкими по размеру и другим свойствам элементами.

Конечно, не все ученые принимают концепцию, по которой минералы разного химического состава, но близкого строения, могут быть отнесены к разным минеральным видам, и считают их разновидностями одного вида. Однако с КНМНМ ММА (сокращенное название Комиссии по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации) не поспоришь, и либо будешь открывать минералы по установленным правилам, либо оставишь это занятие другим. Впрочем, большинство исследователей не участвуют в этой деятельности.

Все начинается с... поля

Вы удивлены? Вы думали, что минералы находятся в горах, и чем больше гора, тем больше в ней минералов, в том числе и новых? Но горы, на языке геологов, это тоже «поле», и русло реки тоже. И даже работы в отвалах шахт и карьерах относятся к разряду полевых. На худой конец, можно вообще никуда не ездить, а порыться в запасниках музея.

Ну, а что касается величины горы, то она может быть и незначительной, а минералами побогаче поднебесных круч. Все зависит от ее происхождения и геохимической обстановки. Вот, к примеру, Хибинские и Ловозерские массивы едва превышают 1000 м, а минеральные бо-

гатства в них неисчислимы и превосходят все известные месторождения. В Хибино-Ловозерском комплексе установлено свыше 500 минеральных видов, больше, чем в таких знаменитых месторождениях мира, как Лонгбан в Швеции или Сентилер в Канаде. Так что, не раздумывая, отправляйтесь на Кольский п-ов, не прогадаете.

Снег сошел, солнышко подсушило землю, значит, сезон охоты на минералы открыт. Запасайтесь рюкзаком, а то и несколькими, и в путь. Конечно, если вы новичок в минералогии, то по возвращении обнаружите, что в рюкзаках у вас в основном кварц. Не огорчайтесь, в следующий раз найдете что-нибудь другое. Опытный минералог более удачлив, потому что знает большинство минералов «в лицо», но не всегда и он возвращается с уловом. Неспроста корифеи-первооткрыватели минералов во всем мире наперечет. Первенство в этой области держит американец П.Данн (P.J.Dunn, Смитсониаковский институт, Вашингтон), им открыто около 150 новых минералов. В России тоже есть свои чемпионы, и в первую очередь А.П.Хомяков. На его счету свыше 90 минералов. Вы спросите, почему мы отстаем от Америки? Очень просто: для Данна открывание минералов — оплачиваемая работа, а в России традиционно — побочный продукт минералогической деятельности, из разряда никак не поощряемых хобби.

Но с чего начать поиск? Ведь новые минералы редко встречаются в виде хорошо образованных кристаллов, а подавляющая их часть имеет вид мелких трудно различимых кристаллических вкраплений в породе. Ползать с лупой по склону горы от подножья до вершины непродуктивно. Начинать поиск с жилы. Если вы набрали на необычную жилу или «гнездо», то присмотритесь к ассоциациям минералов, среди них наверняка будет и необычный образец... А если нашли, что искали, осто-

можно отколоте несколько кусков породы и, как учил А.Е.Ферсман, аккуратно и бережно упакуйте, чтобы при транспортировке не испортить и не обломать кристаллы.

Константы, константы, константы...

Вы благополучно доставили образцы в институт, остается под микроскопом осторожно и тщательно отделить зернышки вашего минерала от других. Здесь нужны терпение и сноровка, чтобы не повредить нужные кристаллы и не прихватить чужие, подчас похожие на ваши, как две капли воды. Но вот и с этой задачей вы справились. Теперь приступайте к комплексному исследованию, которое включает описание окраски, блеска, прозрачности, спайности, излома, оптических характеристик, формы, объема, твердости, хрупкости, плотности, химического состава, поведения при нагревании, устойчивости против влаги и различных химических веществ, месторождения, механизма образования нового минерала, сопутствующих минералов. Кроме того, его нужно сравнить с близкими аналогами (если таковые есть), привести библиографию, относящуюся к сходным по составу и строению минералам и синтетическим веществам, а также к месторождению, где новый минерал был найден, и многое другое. С визуальными характеристиками и исследованиями некоторых свойств вы можете справиться самостоятельно, но для полного химического анализа, а также рентгенофазового, рентгеноструктурного, электронно-микроскопического, спектральных и ряда других исследований придется обратиться к специалистам (насколько позволяют ваши финансовые возможности), у которых есть соответствующие приборы и навыки.

Конечно, в крайнем случае (например, при дефиците веще-



Порода с включениями кристаллов красного и синего корунда. Полярный Урал [3].

ства или недостаточной раскристаллизованности материала) вам простят отсутствие некоторых характеристик. Поэтому не опускайте руки, сделайте все от вас зависящее и доведите ваше исследование до конца. Пусть вас вдохновляют примеры минерала **сантабарбарита**, который ввиду своей некристаллической (аморфной) природы был утвержден без рентгенограммы, и **кальдеронита**, утвержденного без оптических констант.

Минерал, прежде всего, — природное химическое соединение. Вы должны определить, какие элементы входят в его состав. Он может состоять из одного элемента (золото Au, сера S, железо Fe), двух элементов (кварц SiO_2 , галит NaCl , пирит FeS_2 , корунд Al_2O_3 ...), трех (шпинель MgAl_2O_4 , хризоберилл Al_2BeO_4 ...) и больше. Минералы сложного состава состоят из одного-двух десятков элементов. К примеру, в эвдиалите может содержаться 1/3 таблицы Менделеева. Определить набор элементов и их количество в минерале вам помогут химики. Некоторые элементы определяются «мокрой» химией, другие (если они не такие легкие, как водород, литий, бериллий...) — электронно-зондовым микроанализом, содержание во-

ды — методом Пенфильда и т.д. Качественно определить наличие гидроксильных и карбонатных групп можно методом ИК-спектроскопии. Словом, чем сложнее и разнообразнее состав, тем больше методов (и вещества) понадобится.

Испытание рентгеном

Теперь самое время вспомнить, что минерал еще и кристаллическое вещество, и следует разобраться с его ячейкой и симметрией. Наберите достаточное количество кристаллов и, измельчив их, сделайте рентгенограмму порошка (не забудьте оставить как минимум один кристаллик для монокристалльного рентгеноструктурного анализа). В случае острого дефицита материала установить ячейку вам поможет микродифракция электронного пучка, которую можно получить от одной микрочастицы с помощью электронных микроскопов определенных типов.

Итак, самые общие сведения о кристаллической решетке вашего минерала получены. Последний этап — рентгеноструктурный анализ, который даст информацию о положении атомов



Опять дифрактометр сломался!

в минерале. Это самый дорогостоящий и трудоемкий анализ, и людей, которые владеют этим методом (их так и называют «структурщиками»), не так много. Кому предложить свой минерал? Но вот выбор сделан, теперь нужно соблазнить чрезвычайно загруженного работой специалиста туманными перспективами открытия нового минерала и убедить его заняться вашим минералом. Рентгеновские монокристалльные дифрактометры дороги (почти полмиллиона долларов!) и в нашей стране не производятся. За рубежом они рассчитаны на пять-шесть лет эксплуатации, у нас же используются десятилетиями и потому часто ломаются. Если прибор «на ходу» и очередь на съемку не ве-

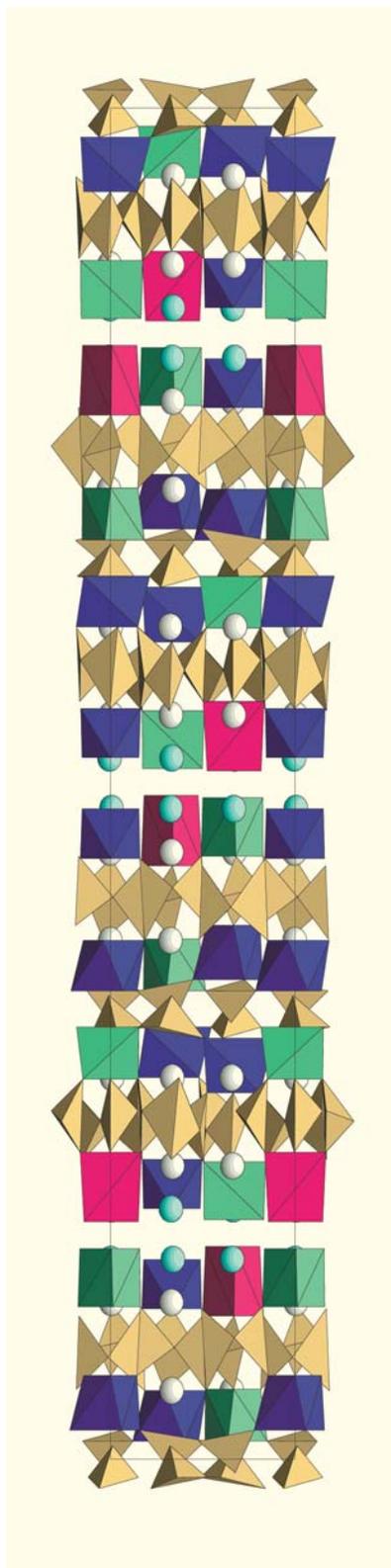
лика, то ваш кристалл через пару месяцев будет подвергнут рентгеновскому облучению.

И тут вас может ожидать неприятный сюрприз — кристалл «не светит», т.е. от него нет дифракционных отражений. Но, может быть, еще не все потеряно. Вы нашли кристалл покрупнее или обратились к другому исследователю, в распоряжении которого более современный прибор, оснащенный плоским CCD-детектором. Или нашли возможность воспользоваться одним из зарубежных синхротронов с излучением высокой интенсивности (это особенно актуально для очень мелких кристаллов, когда они вместо оптимального размера $0.3 \times 0.3 \times 0.3$ мм не достигают и до 0.1 мм в длину).

При благоприятном стечении обстоятельств через неделю-другую эксперимент закончен, специалист обработал его и приступил к определению структуры. Опять незадача — структура «не пошла». Дело в том, что, хотя и существуют стандартные приемы определения, каждая структура требует индивидуального подхода для своего решения. Здесь нужен профессиональный опыт, граничащий с интуицией. Недаром процесс определения структуры называется «расшифровкой». Идут недели, проходят месяцы. Вы время от времени названиваете и нетерпеливо интересуетесь, как дела. Вам отвечают, что попался сложный случай — кристалл оказался блочным или двойником (из двух, трех и более компонент, а то и вовсе полисинтетический) или атомы занимают свои позиции не упорядоченно, а статистически, или еще что-то, но вот-вот проблема будет решена... Вам ничего не остается, кроме ожидания. И вот, наконец (ура!), R-фактор (фактор достоверности модели) понизился, и вы узнаете, как устроен ваш минерал изнутри.

При отсутствии хороших (достаточно раскристаллизованных или достаточно крупных) монокристаллов можно определить структуру и методом порошка (метод Ритвельда). Правда, если она сравнительно проста. И совсем замечательно, если в вашем распоряжении имеются крупные однородные кристаллы, обкатайте их в шарик или цилиндрок не менее 0.5 см в диаметре. Тогда, воспользовавшись методами нейтронографии, можно определить позиции даже легких элементов вплоть до атомов водорода.

Если структура окажется оригинальной, это большая удача. А если не очень, то нужно обратиться к минералам близкого структурного типа и скрупулезно сравнивать их с вашим, описать структурные отличия или химические особенности в аналогичных структурных позици-



Это же настоящий диверсилит (от *diversus* — разнородный и *silicate* — силикат)! Минерал открыт в 2002 г. А.П.Хомяковым при участии автора.

ях. К примеру, если ваш минерал имеет структуру эвдиалита, то следует отыскать химические и структурные отличия от известных минералов этой группы, а их, как вы помните, больше 20. Принимая во внимание, что ключевых позиций в структуре эвдиалита более десятка, а элементов, которые в них могут разместиться, около трех десятков, вам предстоит нелегкая задача.

Что в имени твоём?

Но вот все испытания пройдены. Теперь вы знаете о своем минерале все и уверены в его оригинальности. Самое время окрестить новорожденного, дать ему имя. Но какое? У людей имена повторяются, а у минералов это недопустимо. Имя должно быть не только уникальным и благозвучным на ведущих европейских языках, но и не быть созвучным с каким-нибудь из известных (а их ведь за 4000 перевалило), и оно должно нести обобщенную смысловую нагрузку.

Названия минералам давались с глубокой древности. Поначалу это были обыденные «ненаучные» названия, без учета каких-либо систематических подходов. В химии первичные названия типа «сладкий спирт азота» уже давно отброшены, и все названия систематизированы по определенным правилам. В минералогии же замена старых названий на новые не столь актуальна (ведь природных соединений не 3 млн), и к тому же такая замена привела бы к путанице. Поэтому новые названия используются наряду со старой номенклатурой.

В аббревиатуре КНМНМ, созданной в 1959 г. Международной минералогической ассоциацией, отражены оба аспекта ее деятельности — утверждение новых минералов и их названий. В чем же заключаются основные рекомендованные Комиссией принципы, которыми нужно руководствоваться при составлении новых названий минералов?

Большинство минералов названо и продолжает называться по личным именам, географическим названиям, а также по химическому составу и физическим характеристикам.

Наибольшее распространение получили персональные названия, впервые введенные А.Г.Вернером в XVIII в. (**прениит**, **торбернит**, **витерит**). Противники критиковали Вернера за подобный метод наименования минералов, но эта практика укоренилась и получила широкое распространение (между прочим, нет ни одного минерала, названного именами тех критиков). Такие привычные названия, как **воластонит**, **биотит**, **томсонит**, **кюрит**, **гиббсит**... связаны с именами знаменитых или достаточно значительных лиц в истории. Конечно, в большинстве случаев названия посвящены ученым, связанным с науками о Земле. Среди них отечественные минералоги, в честь которых названы — **ломосовит**, **ферсманит**, **ферсмит**, **федорит**, **виноградовит**, **герасимовскит**, **георгбокит**, **франкаменит**, **лабунцовит**, **ненадкевичит**... Недавно к ним добавились минералы в честь ныне живущих ученых — **семеновит**, **дорфманит**, **пятенковит**, **филатовит**, **кривовичевит**, **пушаровскит**, **урусовит**, **хомяковит**, **пековит**, **пауфлерит**, **фerrarисит**, **бернсит**... Именами сотрудников Института кристаллографии [4] названы минералы **шубниковит**, **беловит**, **леммлейнит**, **стишовит**, **делонейт**, **расцветаевит**.

В меньшей степени используются имена выдающихся представителей других областей профессиональной деятельности — **армстронгит**, **гагаринит**, **чкаловит**, **рузвельтит**, **клинтолит**, **гетит**, **келдышит**, **алсахаровит**... Интересно отметить, что широко известный **перовскит**, возглавляющий многочисленную группу минералов, среди которых есть минералы, обладающие особыми диэлектрическими и особыми магнитными свой-

ствами, получил свое название в честь графа, министра уделов России Л.А.Перовского.

Из этого далеко не полного списка видна тенденция присваивать минералам мужские имена (может быть потому, что сам минерал мужского рода?). Однако, есть и исключения: именами женщин-ученых названы **склодовскит**, **гейдоннеит**, **деллаит**, **лонсдейлит**, **мрозит**... В честь российских женщин-минералогов названы **шадлунит**, **сазыкинаит**, **когаркоит**, **кузьменкоит**, **костылеваит**, **органоваит**, **новгородоваит**, **гутковаит**, **вергасоваит** и уже упоминавшийся **расцветасевит**. А в честь знаменитой Ирины Дмитриевны Борнеман-Старынкевич названы даже два минерала — **борнеманит** и **иринит**. Недавние примеры — **красновит**, **татьянаит**, **дашковаит**, **ольгит**, **ларисаит**... В последнем случае в память об известном минералоге, исследователе урановых минералов Ларисе Николаевне Беловой, дочери академика Н.В.Белова, использовано имя, поскольку минерал беловит уже существовал.

Назвать минерал именем ныне живущего современника вдвойне приятно, нужно только испросить его разрешение (вы, конечно же, его получите). Когда минерал утвержден, вы сообщаете ему радостную новость и радуетесь вместе с ним. Но и тут есть своя опасность — увидеть в тех же глазах горечь разочарования, если минерал через какое-то время окажется дискредитированным. В истории минералогии бывали такие случаи, когда по разным причинам минералы подвергались дискредитации, а их персональные названия исключались из минералогического кадастра. Так, недавно был реабилитирован минерал из группы амфибола дашкесанит (назван по месторождению Дашкесан в Азербайджане), вновь утвержденный под новым названием **хлоркалийгастингсит**. Дискредитированные названия считаются не просто устаревшими, а окончательно умершими,

они никогда уже не будут использоваться для наименования минералов, чтобы не порождать двусмысленности. Такая участь выпала, в частности, на долю минералов, названных именами самого А.Г.Вернера, а также Ф.Бекке, В.М.Гольдшмидта, Ф.Мооса, В.И.Вернадского, Д.И.Менделеева, В.А.Обручева, Г.П.Барсанова и ряда других известных ученых. Правда, в последнем случае при повторном исследовании типовых образцов удалось доказать неправомочность дискредитации минерала и добиться его восстановления в статусе минерального вида, но с модифицированным названием **георгбарсановит** [5]. У этой истории счастливый конец, но Георгий Павлович об этом уже никогда не узнает.

Названия минералов по месту находки — вторая по важности группа после персональных названий: **арктит**, **антарктикит**, **везувиян**, **ильменит**, **эльбаит**, **колумбит**, **калифорнит**, **честерит**, **хибинскит**, **камчаткит**, **ключевскит**... Из недавно открытых минерал **сурхобит** назван по имени красной реки Сурхоб (Таджикистан). Интересно упомянуть минералы, названия которых связаны с Землей (**теллур**), Россией (**рутенит**), Москвой (**мусковит**), а также **транквиллитит**, открытый в породах Моря Спокойствия на Луне во время экспедиции корабля «Аполлон-11».

Патриотизм некоторых минералогов побуждает их называть минералы в честь институтов, в которых они работают или где исследовались минералы — **азопроит**, **вимсит**, **галургит**, **имгрэит**, **мгриит**, **стевенсит**... Недавно к ним добавился **икранит** (в честь Института кристаллографии РАН, сокращенно ИК РАН), открытый в 2003 г. при участии автора [4].

Третью большую группу составляют названия по химическому составу и физическим свойствам. По основным элементам или их сочетаниям названы **алюминит**, **борацит**,

манганит, **титанит**, **содалит**, **сидерит** (Fe), **халькозин** (Cu), **аргентит** (Ag), **аурикуприт** (Au+Cu), **канасит** (K+Na+Si), **линтисит** (Li+Na+Ti+Si), **умохоит** (U+Mo+H+O)...

Между прочим, известны случаи, когда не минерал назван по химическим элементам, а наоборот, химический элемент получил название по минералу: бериллий (от **берилла**), никель (от **никелина**), самарий (от **самарскита**), цирконий (от **циркона**), теллур и рутений.

Если минерал имеет химические отличия от уже известных структурно родственных ему минералов, то используются химические приставки к названиям типа ферри-, натро-, купро- (**ферринатрит**, **натроалулит**, **купросклодовскит**...). Если же, наоборот, надо подчеркнуть химическое родство, то используется корень «фил», означающий «друг кого-то»: **калиофилит**, **натрофилит**... соответствуют понятиям «друг калия», «друг натрия»...

Ряд физических свойств находит отражение в названиях минералов по цвету (**альбит**, **глаукохроит**, **пироп**, **родонит**, **флогопит**, **пурпурит**, **целестин**...), по блеску (**авгит**, **ганомалит**, **криолит**, **маргарит**), по прозрачности (**аделит**, **диоптаз**), по большой твердости и прочности (**алмаз**), по большому удельному весу (**барит**), по легкой растворимости в кислотах (**эвдиалит**), по легкоплавкости (**флюорит**), по спайности (**ортоклаз**, **микроклин**, **амблигонит**, **лепидолит**, **лейкофан**...), по двойникованию (**тридимит**, **пентагонит**, **полидимит**, **ставролит**...), по форме кристаллов (**пинакиолит**, **санидин**, **цилиндрит**, **тригонит**) и по ряду других признаков. Например, в очень авторитетном словаре М.Фасмера этимология слова «слюда» возводится к древнерусскому слову «слуд», что означает тонкий слой льда на поверхности водоема...

Конечно, персональные наименования или имена по месту

находки относятся к числу иррациональных, т.е. они не имеют никакой связи со свойствами минералов и ничего не говорят о его природе. В отличие от них названия по химическому составу или физическим свойствам дают некоторую информацию о характерных особенностях минералов. В связи с этим некоторые исследователи неоднократно предлагали пересмотреть номенклатуру минералов. А.С.Поваренных предложил схему, согласно которой каждое название должно отражать все элементы, содержащиеся в минерале, а суффиксы — указывать химический класс и структурный мотив [6]. Тогда гагаринит стал бы называться «накалькифит», ненадкевичит — «ниобионакалниотисилит», лабунцовит — «титанокалниотисилит», грейгит — «фердиферрисулит», смитит — «фердиферрисулфиллит», и т.д. Если следовать принципам этой номенклатуры, то наименование таких сложных по составу минералов, как эвдиалит, было бы чрезвычайно неуклюжим и заняло бы не одну строчку. К тому же одинаковый набор элементов может быть у разных минералов, в частности, известно не менее 7 цирконосиликатов натрия. Поэтому на сегодняшний день подобные системы не получили поддержки минералогической общественности.

Итак, вы разочарованы, потому что не сможете дать минералу имя своей жены (если, конечно, она не из числа хорошо известных ученых)? Не огорчайтесь, за долгую историю номенклатуры минералов известно только четыре минерала, названных в честь жен: **эвейт** (Ева, жена Адама, прародительница человечества. Кстати, минерал **адамин** назван вовсе не по имени ее мужа, а в честь французского минералога Ж.Ж.Адама); **лаурит** (Лаура, жена американского химика Ч.Джоя); **эйлеттерсит** (Эйлеттерс, жена первооткрывателя этого минерала Л.Ван Вамбеке); **мариалит** (Мария-Роза, жена немецкого минералога фон Г.Ра-

та). Нельзя использовать также имя любимой собачки. Она же не цветок, с которым у вашего минерала может быть схожа окраска. Ботанические термины использованы в минералах **антофиллит** (от латинского названия гвоздики), **гиацинт**, **гранат**, **гроссуляр** (от латинского названия крыжовника), **малахит** (от греческого названия мальвы)... Может быть вы собирались назвать минерал в честь себя любимого? Забудьте об этом. Ведь минерал не микроб, не вирус и даже не болезнь (Паркинсона или Альцгеймера, например). Ничего не поделаешь, названия должны отвечать терминологическим требованиям науки. И все же у вас остается широкий выбор возможностей. Берите в руки какой-нибудь справочник по этимологии названий, например, Р.С.Митчелла [7], где сформулированы руководящие принципы наименований минералов, и изучайте. И вы обязательно найдете что-нибудь подходящее для вашего минерала... Только не забудьте ваше название снабдить каким-нибудь суффиксом. Чаще всего с древних времен используется суффикс «ит» (от греческого «сходный с чем-то»), или «лит» (от греческого «камень»).

Чек-лист и КНМНМ ММА

Теперь у вас есть все данные о вашем минерале. Остается занести их в чек-лист (паспорт минерала, его досье). Заполняйте скрупулезно, вас будут проверять (и очень тщательно) на внутреннюю непротиворечивость данных. В частности, оптические характеристики не должны противоречить симметрии, рентгенограмма порошка — структуре, ИК-спектр — наличию или отсутствию тех или иных химических групп, термические данные — содержанию летучих компонентов. Вычисленная из состава и параметров ячейки плотность должна быть

близка к измеренной. В эмпирической формуле положительные и отрицательные заряды должны быть сбалансированы: «заряженная» формула — достаточная причина для отклонения заявки. Используется также универсальный эмпирический критерий схожести «compatibility», который рассчитывается с учетом оптических свойств, состава и плотности, и в идеальном случае равен нулю либо незначительно отклоняется в ту или другую сторону, не переступая рокового порога 0.06. Предусмотрительно избегайте возможных придинок. Для упреждения недопонимания членами Комиссии «узких» мест дайте свои комментарии.

Отнесите ваш минерал (вернее то, что осталось от него после всех анализов) в минералогический музей, где вам выдадут справку с регистрационным номером и печатью о хранении вашего голотипного (на котором получен полный набор данных), котипного (на котором получена часть данных) или неотипного (повторно изученного) образца. Это необходимо на случай, если поступит запрос образца от исследователя (члена КНМНМ ММА, организации, лаборатории)... на доисследование с целью, например, сравнения с аналогами, уточнения характеристик или дискредитации минерала.

Изготовленный чек-лист вместе со справкой из музея и проектом будущей научной публикации отправьте сначала в Национальную комиссию по новым минералам, а затем и в международную. Штаб-квартира комиссий находится там же, где и ее председатель, выбранный на конференции ММА: национальная — в Санкт-Петербурге (председатель профессор А.Г.Булах), а международная — в Голландии, где проживает ныне действующий председатель проф. Э.А.Дж.Бурке.

Председатель Комиссии знакомится с вашими материалами (сам или через экспертов Подко-



Диплом за установление и описание нового минерала икранита.

миссии) и ведет с вами активную переписку. Когда все вопросы утрясены, он рассылает ваши материалы (рассылка производится в конце каждого месяца) на рассмотрение и голосование в 30 стран мира членам Комиссии, делегированным ведущими специалистами в области минералогии. Они в течение 2 мес присылают председателю свои отзывы и замечания, которые председа-

тель переправляет вам на ознакомление и доработку. Минерал принимается, если за него подано 2/3 голосов, а название должно набрать 50% голосов.

Таким образом, сроки всей процедуры с момента подачи минерала в Комиссию до его утверждения — 3–4 мес. Это в лучшем случае, когда ваш минерал проходит «с первого захода», иногда же требуется более года.

Но вот и этот этап пройден. Комиссия дала добро и прислала вам извещение с поздравлением. Вы, конечно, рады, но минерал, хотя и утвержденный, еще пока никому (кроме вас и членов Комиссии) неизвестен. Необходимо, не затягивая (не позднее двух лет), написать подробную статью в научный журнал, чтобы оповестить минералогическую общественность о рождении нового минерала. Лишь после выхода публикации (и уведомления об этом председателя Комиссии) минерал будет занесен в минералогический кадастр, а вам выдадут диплом об его открытии, в котором будут перечислены все, кто принимал участие в его исследовании. Конечно, вы будете первым в этом списке, но не единственным.

* * *

Теперь вы знаете, что открыть новый минерал совсем просто. Нужно поехать куда-нибудь и найти там подозрительный образец. Всесторонне изучить его, дать ему имя и отнести в Минералогический музей. Заполнить чек-лист, отправить его в международную Комиссию и подождать ответа. Если вы все сделали правильно, то ответ будет непременно положительным. Напишите статью в минералогический журнал и после ее опубликования получайте диплом. Можете созывать родных, друзей и знакомых (если они еще не разбегались за эти годы, а у вас еще остались кое-какие средства) и праздновать. И последнее: избегайте разговоров о материальном вознаграждении, чтобы не разочаровать присутствующих и не испортить праздник. ■

Литература

1. Урусов В.С. Почему их только две тысячи? // Природа. 1983. №10. С.82—88.
2. Хомяков А.П. Почему их больше чем две тысячи? // Природа. 1996. №5. С.62—74.
3. Самсонов Я.П., Туринге А.П. Самоцветы СССР. М., 1985.
4. Расцветаева Р.К. Семейные минералы нашего института // Природа. 2003. №11. С.35—40.
5. Хомяков А.П., Расцветаева Р.К. Как мы потеряли барсановит и обрели георгбарсановит // Природа. 2005. №12. С.25—28.
6. Поваренных А.С. Кристаллохимическая классификация минеральных видов. Киев, 1966.
7. Митчелл Р.С. Названия минералов. М., 1982.

Эль-Ниньо — Ла-Нинья: механизмы формирования

А.Л.Бондаренко

Несколько десятков лет назад в мировую научную литературу вошли испанские слова Эль-Ниньо и Ла-Нинья, означающие младенца соответственно мужского и женского пола. Когда вода прибрежной экваториальной зоны Тихого океана, обычно холодная, начинала нагреваться и в это же самое время гибли рыба, морские животные и птицы, на суше начинались обильные ливни, происходили наводнения и штормы на море, тогда жители Южной Америки называли такое состояние природы Эль-Ниньо (оно могло продолжаться более года). Когда температура морской воды падала, погода и экологические условия вновь становились благоприятными, а продуктивность океана и суши, пострадавших от Эль-Ниньо, восстанавливалась, наступало Ла-Нинья.

Со второй половины XX в. изучением этих природных состояний активно занялись специалисты, и представление о них несколько расширилось. Эль-Ниньо — это глобальное явление, при котором температура поверхностного слоя воды восточной половины экваториального Тихого океана и вод, прилегающих к Южной Америке в районе Эквадора, Перу



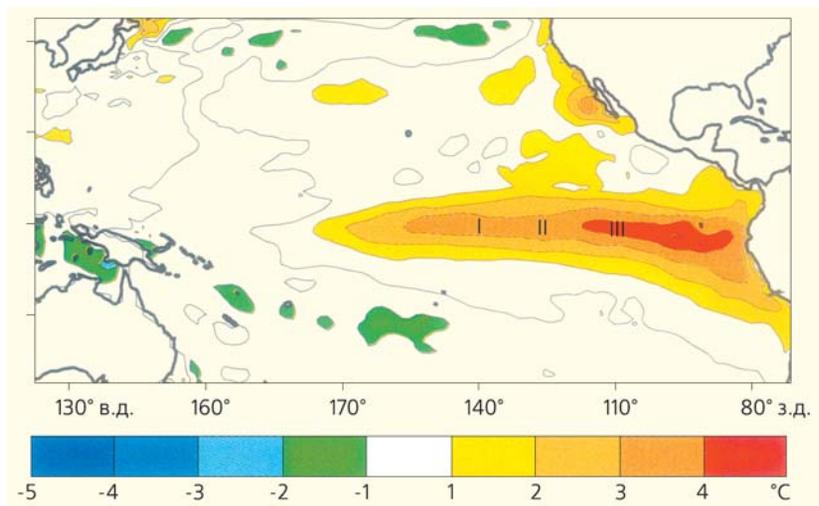
Альберт Леонидович Бондаренко, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института водных проблем РАН. Область научных интересов — динамика вод морей и океанов, в частности длинноволновая природа среднemasштабных и крупномасштабных течений и вертикального обмена вод.

и частично Чили, повышается на 4–5°C относительно среднего значения 26°C. При явлении Ла-Нинья в этом слое температура падает приблизительно на такую же величину. Выяснилось также, что оба состояния — единое явление, а Эль-Ниньо и Ла-Нинья — лишь крайние стадии его развития.

Гидрометеорологические условия изменяются не только вблизи Южной Пацифики, но и в тропической и субтропической зонах всего земного шара.

Во время Эль-Ниньо Австралия, Африка, Индонезия и страны бассейна Индийского океана страдают от засухи. Дефицит осадков приводит к заметному снижению мирового урожая зерновых культур, поскольку большинство посевных площадей находится именно в этих местах. По неполным данным, ущерб от одного из самых сильных Эль-Ниньо 1982–1983 гг. составил 13 млрд долл.

В последнее время выполнено большое количество исследо-



Аномалии температуры поверхности воды экваториальной зоны Тихого океана в октябре 1987 г. относительно среднего ее значения за период 1980—1995 гг. (по данным П.Вебстера и др. [15]). I, II, III — пункты продолжительных измерений течений.

ваний, в том числе и российскими специалистами, доказывающими возможность влияния Эль-Ниньо — Ла-Нинья на гидрометеорологические и экологические условия океанов, морей и материков не только экваториальной зоны, но и всего земного шара [1—4]. Полагают даже, что самый большой и наиболее важный сигнал в межгодовой климатической изменчивости Земли связан именно с этим феноменом [4]. Если этим вопросам посвящено значительное количество публикаций, то существенно меньше внимание в последние годы уделяется изучению природы Эль-Ниньо — Ла-Нинья.

Существует много, в том числе и принципиально разных, объяснений возникновения Эль-Ниньо — Ла-Нинья [3—5]. Их можно разделить на два основных типа. И тот, и другой основаны в основном на расчетно-гипотетических представлениях и в меньшей степени — на инструментальных данных о динамике вод океана.

В объяснениях первого типа Эль-Ниньо формируется экваториальными крупномасштабными течениями и противотечениями. Явление возникает из-за поступления теплых вод из западной в восточную часть океана, оно вызвано поверхностным противотечением, возникающим при прекращении действия пассатов.

Однако анализ измерений скорости течений показывает, что таких поверхностных противотечений просто не существует. Время действия течений в восточном направлении не превышает половины года при средней скорости не более 0.3 м/с. А для того, чтобы доставить воду из западной части океана в восточную, скорость течения должна быть в три раза больше — 1 м/с.

Объяснения формирования Эль-Ниньо — Ла-Нинья второго типа (в частности, образование Эль-Ниньо) связывают с планетарными волнами (Кельвина и Россби), образование и развитие которых тесно связано с ветровой активностью над океаном. Другими словами, Эль-Ниньо вызвано пассатами, генерирующими волны Россби вне экватора, севернее и южнее от него, приблизительно в районе широт 15—20°. Волны распространяются на запад, достигнув западных окраин океана, отражаются от них уже в виде волн Кельвина. Далее они распространяются на восток вдоль экватора. Достигнув восточной части океана, они создают Эль-Ниньо.

Однако из анализа измерений течений следует, что в экваториальной зоне океана нет волн ни Кельвина, ни Россби. А есть «смешанные» волны, обладающие признаками гравитационных и волн Россби. Эти

«смешанные» волны и волны Россби имеют как сходства, так и различия. Так, те и другие распространяются в западном направлении, но основная доля энергии волн Россби сосредоточена севернее и южнее экватора, а у «смешанных» волн — на экваторе, что и наблюдается. Однако эти «смешанные» волны все же будем называть волнами Россби, поскольку так принято. В дальнейшем мы более основательно изложим представления о течениях и волнах Россби экваториальной зоны океана, что позволит читателю лучше понять их природу.

Кроме того, инструментальные данные показывают, что появление Эль-Ниньо связано как раз с отсутствием в восточной части волн Россби (точнее, Эль-Ниньо возникает, когда они небольшие), но не с появлением больших волн, как в упомянутых объяснениях второго типа.

Достоверная инструментальная информация позволяет сделать новые выводы. Она была получена в рамках Международного проекта ТОГА (Тропический океан — Глобальная атмосфера) в экваториальной зоне океана в конце XX в. [5, 6]. Этими материалами мы и воспользовались для объяснения и обоснования механизма формирования явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья.

А толчком для этих исследований послужили более ранние

наши исследования волн Россби, крупномасштабных течений и в особенности прибрежного апвеллинга и даунвеллинга — подъема глубинных вод на поверхность моря и опускания поверхностных на глубину [7–9] на шельфе Каспия. Здесь мы наблюдали изменение температуры и продуктивности, напоминающие те, что происходят во время Эль-Ниньо — Ла-Нинья. На шельфе Каспия было экспериментально установлено, что апвеллинг-даунвеллинг формируется не ветром, как предполагалось ранее, а крупномасштабными течениями и континентальными шельфовыми волнами [8]. Последние похожи на волны Россби, поскольку имеют подобную динамику и дисперсионные соотношения. Фактически это одни и те же явления, но развивающиеся в различных условиях: одни у берегов океанов и в морях, другие в открытых частях океанов. При этом в обоих случаях активную роль в формировании этого явления играют крупномасштабные течения и волны, а пассивную — восточный берег моря или океана при апвеллинге-даунвеллинге и экватор — в образовании Эль-Ниньо — Ла-Нинья.

Чтобы стал понятен читателю механизм формирования явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья, необходимо дать некоторые представления о крупномасштабных течениях и волнах Россби экваториальной зоны Тихого океана.

Крупномасштабные течения и волны Россби тропической зоны Тихого океана

В период с 1979 по 1995 г. были выполнены измерения течений на экваторе Тихого океана в пунктах I (140° в.д.), II (124° в.д.), III (110° в.д.), а также севернее и южнее на 1.5° пункта I [5, 6].

Крупномасштабные течения представляют собой

сложную систему изменяющихся с глубиной и во времени течений. Всегда и везде на поверхности океана крупномасштабное течение имеет скорость ~30 см/с и направлено на запад, с глубиной его скорость быстро уменьшается и уже на горизонте ~20 м равна нулю. Глубже направление течения становится восточным, и на глубине ~80 м скорость достигает максимальной величины ~90 см/с, а затем снова уменьшается до нулевых значений на горизонте 260 м [7]. Это течение с максимальными скоростями на горизонте 80 м названо подповерхностным течением Кромвелля. На экваторе расход подповерхностного течения на восток в среднем многолетнем режиме приблизительно в 50–100 раз больше поверхностного на запад. Большие скорости течений наблюдаются только в узкой, до 2° к северу и югу, приэкваториальной зоне океана, а за пределами этой зоны они малы (в среднемноголетнем режиме).

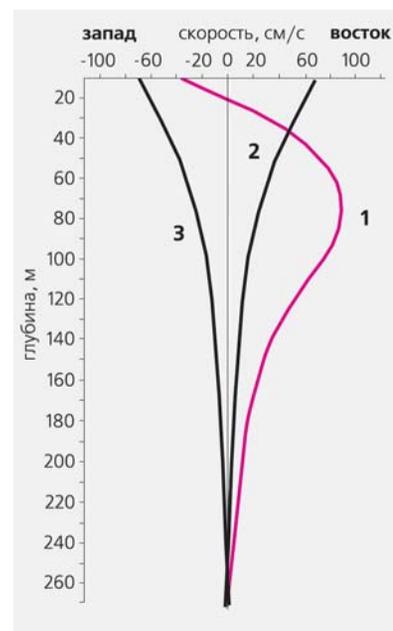
В течение года меняются скорость и направление течений (так называемая годовая изменчивость). Существуют данные, что у поверхности океана скорости переменных течений достигают ~70 см/с, как в восточном, так и в западном направлениях [7].

Волны Россби экваториальной зоны открытого океана составляют часть взаимосвязанного поля свободных, прогрессивных (распространяющихся в пространстве в горизонтальном направлении) волн Россби всего Мирового океана. Последовательность волн как во времени, так и в пространстве представляет собой непрерывный ряд сформированных в модуляции (группы, цуги, биения) малых—больших—малых и т.д. волн. Свойство волн приобретать модуляционное строение присуще многим типам волн и играет важную роль в динамике вод океана. Однако механизм его до сих пор не изучен. Пред-

положительно, построение волн в модуляции связано с неким взаимодействием между собой волн с различными периодами. Назовем его модуляционным механизмом. В настоящее время не существует доказательств того, как и почему волны выстраиваются в модуляции, почему иногда они четкие, а иногда нечеткие, почему эти модуляции имеют определенный период, почему они иногда разрушаются и т.д.

С большой степенью уверенности можно считать, что энергетический уровень поля волн во времени изменяется гораздо медленнее, чем амплитуды колебания скорости течения волн в модуляциях, а также направление и скорость связанных с волнами крупномасштабных течений. О связи волн и течений будет сказано немного позже.

Согласно исследованиям автора, проведенным вместе с коллегами [8], время жизни и установления поля волн Россби и связанных с ними крупномасштабных течений превышает 10^2 периодов волн, что равно



Скорости течения в пункте I (140° в.д.): средней многолетней (1), переменного течения на восток (2), на запад (3).

приблизительно 10 годам. Это значит, что если с какого-то момента волны не будут получать энергию, то они будут существовать еще 10 лет. Большое время жизни и установления волн и течений объясняется их высокой инерционностью, большой массой воды, вовлеченной в движение, и крайне малыми потерями энергии, например на трение, что характерно для волн в целом.

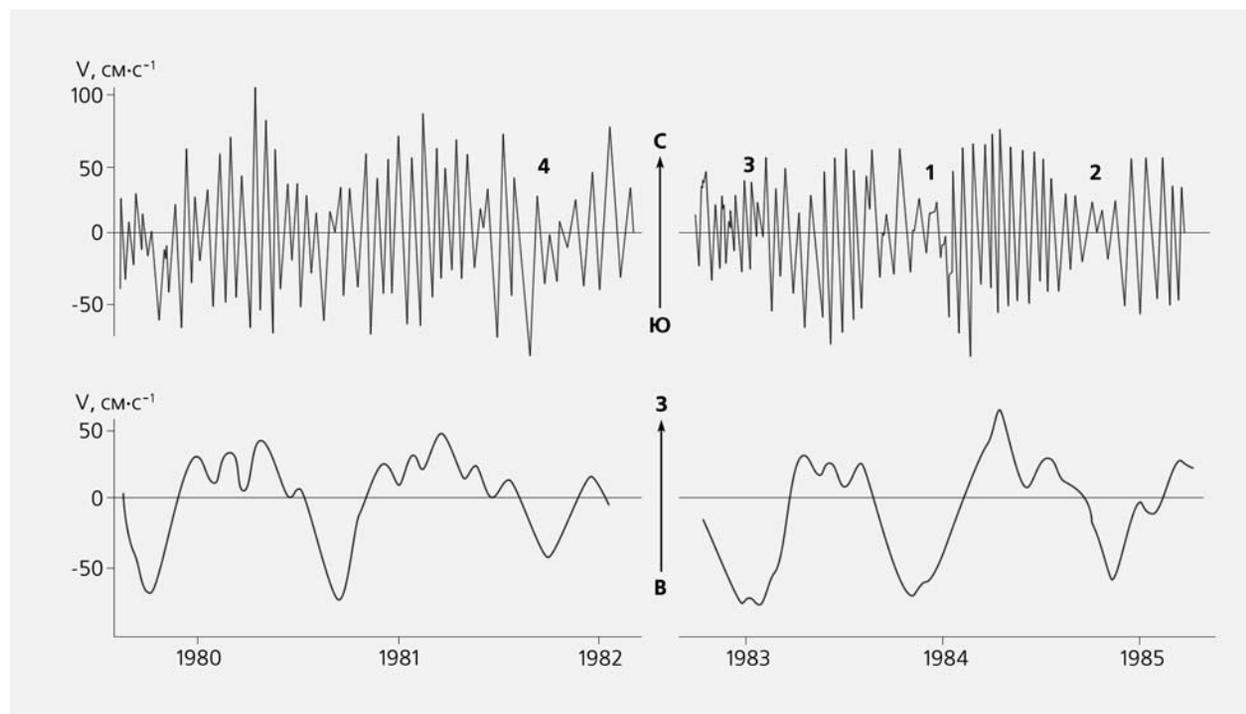
По параметрам течений с большой степенью точности американские специалисты [6] определили основные параметры волн Россби экваториальной зоны: направление распространения — на запад, фазовая скорость — 0.9 м/с, период ~20 сут, длина волны ~1600 км, амплитуды колебаний меридиональной составляющей скорости течений волн достигают 80 см/с. У этих волн в приэкваториальных районах океанов движения частиц воды, т.е. волновые течения, происходят вдоль меридиана — в направлении, перпенди-

кулярном направлению распространения волн и крупномасштабных течений.

Такие большие амплитуды колебаний скорости течений волн Россби наблюдаются в узкой приэкваториальной зоне океана. По мере удаления от экватора к северу и югу на 2–3° амплитуды заметно уменьшаются и уже в пассатной зоне они не превышают 30 см/с. Таким образом, основная доля кинетической энергии волн, впрочем, как и течений, сосредоточена у экватора в пределах 2–3°. Часто эти волны и течения у экватора рассматривают как «захваченные» экватором, а небольшие по площади экваториальные зоны — как особые зоны концентрации энергии волн и течений. Большие скорости крупномасштабных течений и волн Россби наблюдаются только у экватора и в западных областях океанов. В целом по океанам скорости крупномасштабных течений и волн Россби имеют порядок 10–15 см/с.

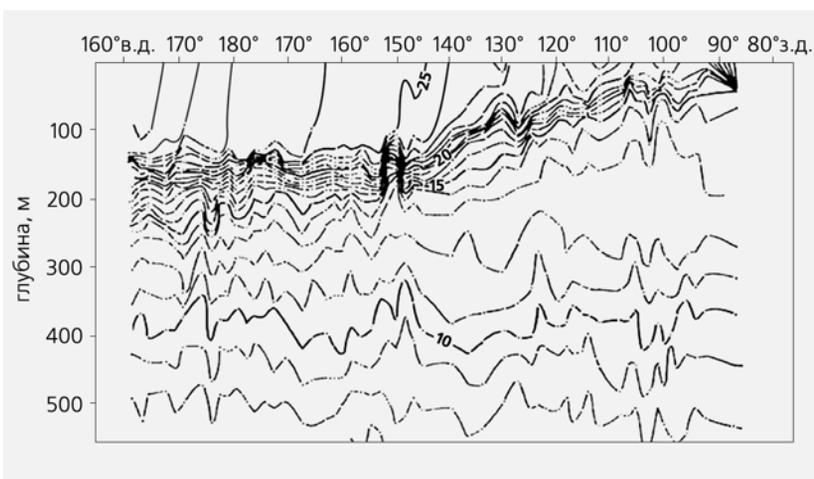
Волны у экватора заметно модулируют, и в модуляциях укладывается примерно 18 волн, что соответствует по времени одному году. В экваториальной зоне Тихого океана укладывается девять волн, т.е. половина модуляции. Иногда модуляции имеют стройный квазигармонический характер, иногда они выражены нечетко и иногда «разрушаются» и превращаются в волновые образования с частым чередованием больших и малых волн, или в целом волны становятся малыми.

Возможно, в механизме создания модуляций участвуют колебания системы Земля—океан—атмосфера, которые проявляются в свободных нутационных движениях полюсов с таким же приблизительно периодом, как и период модуляций, около года. Исследования Н.С.Сидоренкова [10] показывают, что явления Южное колебание атмосферы и Эль-Ниньо — Ла-Нинья каким-то образом связаны с нутациями Земли. Во всяком случае, между



Скорость течений (фактически волн Россби) вдоль меридиана (вверху) и крупномасштабных течений вдоль экватора (внизу) в пункте I (140° з.д.). Выделяются четкие модуляции между промежутками времени, отмеченными цифрами 1–2, нечеткие между 3–1 и промежутки времени, где модуляции разрушены, 4–3.

Распределение температуры воды (в градусах Цельсия) по вертикальному сечению Тихого океана вдоль экватора [13].



этимися явлениями наблюдается корреляционная связь.

По мнению геофизика В.И.Ферронского [11], гравитационное поле Земли попеременно ускоряет или замедляет движение Луны по орбите. Это вызывает нутацию Земли с различными периодами, в том числе и с периодом около года. Вполне возможно, что нутация с периодом один год влияет на модулирование волн.

Следует отметить, что такие четкие модуляции волн наблюдаются только у экватора, в остальных областях океана они выражены нечетко и период их различный.

При пересечении волнами Тихого океана (за 0.5 года) их параметры очень слабо трансформируются. Так, при прохождении волн между пунктами с координатами 110°в.д. и 140°в.д. (расстояние 3500 км) форма и параметры волн и модуляций практически не трансформировались, что и позволило с большой степенью точности определить основные параметры волн: фазовую скорость, длину, период.

О связи волн Россби и крупномасштабных течений

Наши исследования показывают, что крупномасштабные течения и волны Россби физи-

чески и корреляционно взаимосвязаны [8]. Обсудим эту проблему.

Для приповерхностных течений и волн Россби экваториальной зоны Тихого океана получена следующая зависимость: $U = K(V_0 - V)$. Здесь U — скорость крупномасштабного течения, взятая со знаком плюс, если течение направлено на запад, и минус — если на восток, V_0 — амплитуда колебания скорости течений волн Россби, V — значенные амплитуды колебания волн Россби, при котором происходит смена направления течения (для условий эксперимента она равна 30 см/с), K — постоянный коэффициент, численно близкий к 2.0.

Эта зависимость одновременная, получена по продолжительным измерениям скорости течений в пункте I с высокой достоверностью (коэффициент корреляции — 0.9). В этом случае можно считать, что волны Россби генерируют крупномасштабные течения в режиме одновременной связи их энергий. Может быть дано и другое, пожалуй, более правильное, объяснение: крупномасштабные течения и волны Россби представляют нечто целое.

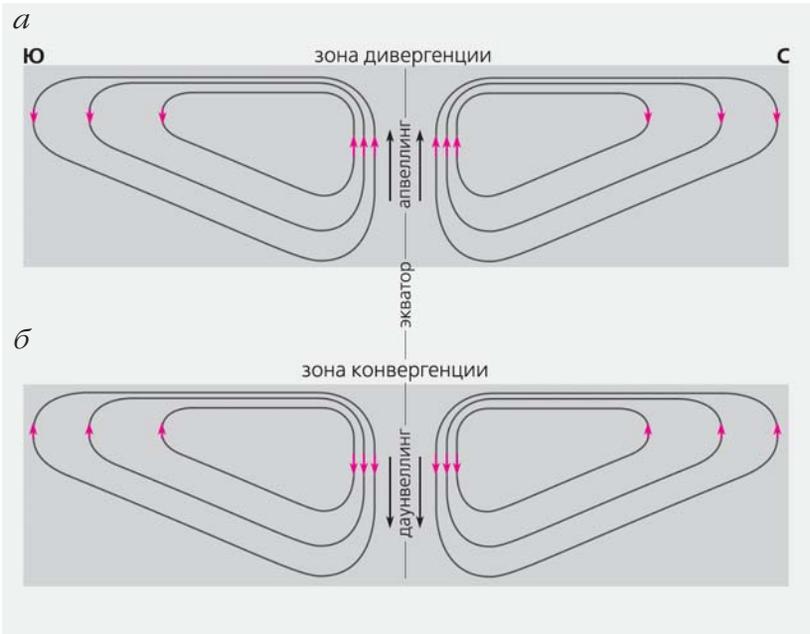
События, описываемые рассматриваемой зависимостью, можно трактовать так. При волнах Россби с амплитудой колебания скорости течения больше 30 см/с крупномасштабное те-

чение направлено вдоль экватора на запад, в направлении распространения волн, если же эта амплитуда меньше — то на восток. Скорость крупномасштабного течения пропорциональна амплитуде колебания скорости течения волн Россби, а точнее разности $V_0 - V$.

Как уже отмечалось, в формировании Эль-Ниньо — Ла-Нинья участвуют крупномасштабные экваториальные поверхностные течение и подповерхностное противотечение и связанные с ними (физически и корреляционно) волны Россби.

Поверхностные течения и подповерхностные противотечения создают наклон термоклина (сравнительно небольшой прослойки воды между холодными глубинными и приповерхностными более теплыми водами, т.е. слоя воды с наибольшими градиентами температуры): на западе океана термоклин опущен на глубину ~150 м, а на востоке приподнят близко к поверхности океана. Такая ситуация преобладает в среднегодовом и многолетнем изменении.

Но крупномасштабные поверхностные течения, как отмечалось ранее, обычно с периодичностью один год изменяются по скорости в направлении восток—запад—восток и т.д., и в такт с этими изменениями термоклин меняет свое положение по вертикали. Если поверхностное течение западное, то



Циркуляция вод в вертикальной плоскости, перпендикулярной экватору, создаваемая волнами Россби: в одной половине волны (а), в другой половине волны (б). Циркуляция в виде линий токов представлена замкнутыми контурами со стрелками.

термоклин в восточной части океана опускается. Этой ситуации соответствуют волны Россби с большими амплитудами колебания скорости течения. Если поверхностное течение восточное, то термоклин поднимается, и этой ситуации соответствуют волны Россби с малыми амплитудами колебания скорости течения.

Установлено, что движение частиц воды в волнах Россби севернее экватора происходит по вытянутым вдоль меридиана орбитам по часовой стрелке, а южнее — против [6]. В этой ситуации в пределах половины длины волны, что соответствует 800 км, воды расходятся от экватора с очень большой скоростью до 75 см/с, а в пределах второй — сходятся с такой же скоростью. Это создает подъем глубинных холодных вод на поверхность моря в пределах первой половины волны и, соответственно, опускание теплых на глубину в пределах второй половины волны. По мере продвижения волн на запад ситуация в фиксированной точке около экватора попеременно, с периодичностью 20 сут, будет меняться. В результате глубинные холодные и теплые поверхностные воды перемешиваются, и в целом на

поверхности океана у экватора окажется более холодная вода, чем в удалении от него.

Интенсивность перемешивания вод по вертикали будет зависеть от таких параметров волны, как ее период и амплитуда колебания скорости ее течения. Температура воды у поверхности океана T будет зависеть от разности количеств тепла, поступившего из атмосферы и глубин океана. Количество тепла, поступившее из глубин океана, будет зависеть от осредненной за некоторое время величины амплитуды колебания скорости течений волн Россби, где σ — среднее квадратическое отклонение амплитуды колебаний скорости течения V_0 , зависящее от продолжительности действия этих волн, их частоты $1/\tau$ (τ — период волны) и обратной величины расстояния от поверхности океана до термоклина — $1/H$. Если допустить, что в среднем поток тепла из атмосферы не меняется во времени, то изложенные связи для фиксированного места области развития Эль-Ниньо — Ла-Нинья можно записать в условной форме:

$$T = F(\sigma, 1/\tau, 1/H).$$

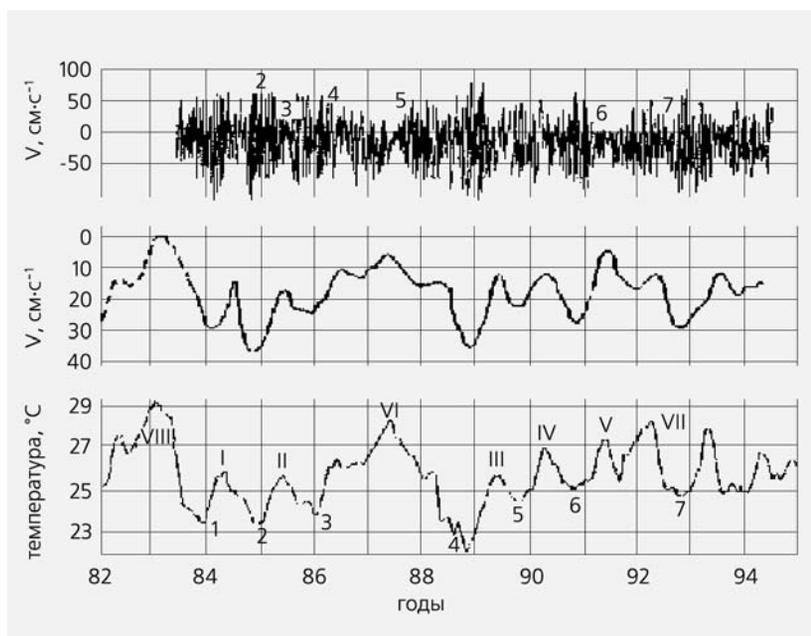
Учитывая, что σ и U взаимосвязаны и глубина термоклина

зависит от U , то для постоянной частоты волн $1/\tau$ это соотношение для фиксированного места можно записать так: $T = K_1 \sigma$, где K_1 — постоянная величина, определяемая экспериментально.

На рисунке на с.45 представлены результаты проверки изложенного объяснения формирования Эль-Ниньо — Ла-Нинья и определения зависимости температуры поверхности воды от амплитуды колебания скорости течения волн Россби [6].

Эта связь хорошо заметна при визуальном рассмотрении поведения параметров волн Россби. Так, моментам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 соответствует низкая температура воды $\sim 24^\circ\text{C}$ (нижний график) и четкие модуляции с волнами Россби с большой амплитудой колебаний скорости течения (например, верхняя кривая, модуляция 1—2—3). Такое состояние среды наблюдается при Эль-Ниньо. В это время крупномасштабные течения направлены на запад, и их скорости достигают максимальных значений. Моментам I, II, III, IV, V соответствует слабое Эль-Ниньо, при этом средняя температура поверхности воды $\sim 27^\circ\text{C}$ и волновые колебания в модуляциях

Характеристики скорости течений и температуры поверхности океана в пункте I (140° з.д.). Меридиональная составляющая скорости течений (фактически течений волн Россби), измеренных на горизонте 25 м (вверху), среднеквадратическая за половину года величина этих течений волн Россби (в середине), температура поверхности океана (внизу). Римскими и арабскими цифрами отмечены моменты времени. Пояснение в тексте.



непродолжительное время имеют малые амплитуды. В это время крупномасштабное течение направлено на восток и его скорости максимальны. Моментам VI, VII, VIII соответствует сильное Эль-Ниньо, высокая температура воды ~29°C и волновые колебания течений с малыми амплитудами продолжительное время и малыми скоростями крупномасштабных течений. Такая ситуация наблюдается, например, между моментами времени 4–5 (верхний график) и моментами 6–7.

Таким образом, температура на поверхности океана и является показателем развития Эль-Ниньо — Ла-Нинья, зависит от амплитуды колебания скорости течения волн Россби и, естественно, от параметров связанных с ними крупномасштабных течений.

В периоды Ла-Нинья биологическая продуктивность океана увеличивается, но не только за счет понижения температуры воды, а в первую очередь за счет интенсификации вертикальных ее движений. В период Эль-Ниньо вертикальные движения воды ослабевают, что и приводит к уменьшению биологической продуктивности океана и гибели рыбы.

Явления, аналогичные Эль-Ниньо — Ла-Нинья Тихого океана, наблюдаются и в Атлантическом, и в Индийском океанах, но в менее заметных масштабах.

Эль-Ниньо — Ла-Нинья и пассаты

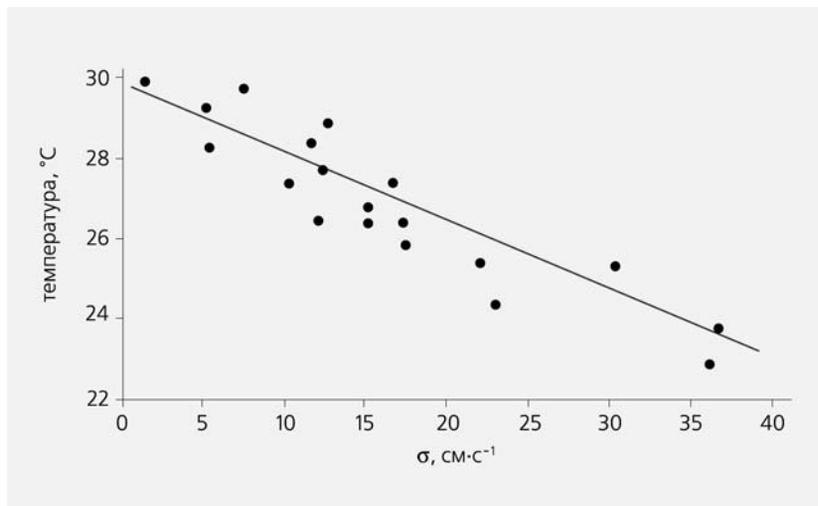
Согласно общепринятому объяснению первого типа, Эль-Ниньо — Ла-Нинья развивается так. Изменения атмосферной активности, а точнее ветра — пассатов — приводят к изменению динамики вод океана (крупномасштабных течений или долгопериодных волн). В свою очередь эти изменения динамики вод определяют стадию развития явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья, что проявляется в изменениях температуры поверхностных вод океана. Таким образом, первопричина изменения стадии развития Эль-Ниньо — Ла-Нинья — атмосферная активность, активность ветра.

В нашем же объяснении первопричина развития явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья — модуляционный механизм взаимодействия волн, в результате активности которого изменяется динамика океана, а точнее волн

Россби и крупномасштабных течений. Это в свою очередь приводит к изменению стадии развития явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья, а соответственно, и температуры поверхностных вод океана и, как следствие этого, температуры воздуха над океаном и режима ветра — пассатов.

Другими словами, если в общепринятых объяснениях вариации пассатов — причина изменения стадии развития Эль-Ниньо — Ла-Нинья, то в нашем — следствие.

Считается, что существует довольно тесная корреляционная одновременная связь скорости крупномасштабных течений и скорости ветра — пассатов. Если рассматривать эту связь формально, то трудно ответить, что в этой связи является причиной, а что следствием. Обычно считается, что ветер, в данном случае пассаты, создает крупномасштабные течения. Эта точка зрения хотя и популярная, но довольно странная. Если допустить, что ветер создает крупномасштабные течения у экватора, тогда, учитывая инерционность течений (время их жизни более 10 лет), одновременная корреляционная связь крупномасштабных течений с ветром должна отсутство-



Связь среднеквадратической (за половину года) величины скорости течений волн Россби с температурой поверхности океана. Коэффициент корреляции 0.88.

вать, а она вроде бы есть и, судя по всему, хорошая. Из этого можно сделать вывод, что ветер (пассаты) не создает изменения динамики вод океана и принятые объяснения формирования явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья неверны.

Вместе с тем наличие высокой корреляционной связи ветров с динамикой океана хорошо согласуется с нашим объяснением формирования Эль-Ниньо — Ла-Нинья, если считать, что инерционность атмосферы невелика и задержка в реакции ветра на изменения температуры вод небольшая.

Следует отметить, что мы не одиноки в представлениях о характере связи ветра — пассатов и температуры поверхности вод экваториальной зоны океана. Так, известный американский метеоролог Дж.Бьеркнес [13] отмечал, что повышение температуры поверхности океана в восточной части экваториальной зоны Тихого океана происходит одновременно, а зачастую и опережает ослабление пассатов над центральной частью Тихого океана. Это дало основание метеорологам считать, что причиной ослабления пассатов является аномально высокая температура поверхности центральной части Тихого океана [13, 14].

Отсюда вывод: изменение ветровой активности — не при-

чина развития Эль-Ниньо — Ла-Нинья, как рассматривается в принятых объяснениях этого явления, а его следствие. И это не противоречит нашему объяснению природы явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья, согласно которому сначала меняется динамика вод, обусловленная взаимодействием волн, а затем изменяется температура поверхностных вод океана и еще позже (в данном случае через два месяца) — режим ветра.

* * *

Итак, можно подвести итог. В развитии явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья активно участвуют волны Россби и крупномасштабные течения в режиме одновременной их взаимной связи. Крупномасштабные течения обуславливают положение термоклина, удаляя его от поверхности океана или приближая к нему. Волны Россби создают переменную направленную циркуляцию в вертикальной плоскости, перпендикулярной экватору. В результате активности волн происходит перемешивание по вертикали холодных глубинных вод с более теплыми поверхностными водами и, как следствие этого, на поверхности экваториальной зоны океана оказывается более холодная вода, чем за ее пределами к северу и к югу. Фактически Эль-Ниньо — Ла-Нинья — это апвел-

линг-даунвеллинг, обусловленный активностью волн Россби и связанных с ними крупномасштабных течений, который развивается в обширной приэкваториальной зоне восточной части Тихого океана.

В этом едином явлении (волны—течения) изменчивость во времени и пространстве указанных параметров волн и течений обусловлена действием некоего модуляционного механизма перестройки волн, в результате активности которого волны Россби выстраиваются в последовательность волн чередующихся амплитуд, с малыми — большими — малыми амплитудами. Они приобретают модуляционную структуру с периодом один год. Иногда эти модуляции «разрушаются» и превращаются в последовательность волн с хаотически изменяющимися и в целом малыми по величине амплитудами. Пропорционально и в такт с величиной амплитуды колебаний скорости течений волн Россби изменяется скорость и направление крупномасштабных течений и, соответственно, стадия развития явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья. В периоды, когда волны выстраиваются в стройные модуляции, развивается Ла-Нинья, при уменьшении волн в модуляциях развивается слабое Эль-Ниньо, а при разрушении модуляций — сильное Эль-Ниньо.

Таким образом, непосредственная причина развития явления Эль-Ниньо — Ла-Нинья — модуляционный механизм перестройки волн Россби и свя-

занных с ними крупномасштабных течений. Для дальнейшего познания феномена Эль-Ниньо — Ла-Нинья необходимо более глубоко изучить механиз-

мы формирования волн Россби и крупномасштабных течений, их взаимные связи, а также закономерности построения волн Россби в модуляции. ■

Литература

1. Нечволодов Л.В., Лобов А.Л., Овинова Н.В. и др. // Метеорология и гидрология. 1999. №6. С.53—65.
2. Гущина Д.Ю., Девитт Б., Петросянец М.А. // Известия АН. Физика атмосферы и океана. 2000. Т.36. №5. С.581—604.
3. Мохов И.И., Елисеев А.В., Хворостьянов Д.В. // Известия АН. Физика атмосферы и океана. 2000. Т.36. №6. С.741—751.
4. Нелено А.Б., Калашиников З.Р., Хунджуа Г.Г. Энергетика взаимодействия между океаном и атмосферой в зоне действия феномена Эль-Ниньо // Труды III конференции «Физические проблемы экологии». М., 2002. №10. С.118—123.
5. Baturin N.G., Niiler P.P. // J. of Geophysical Research. 1997. V.102. NO. C13. P.27, 771—777, 793.
6. Halpern D., Knox R.A., Luther D.S. // J. of Physical Oceanography. 1988. V.18. P.1514—1534.
7. Бондаренко А.Л. // Водные ресурсы. 1998. Т.25. №4. С.510—512.
8. Бондаренко А.Л., Жмур В.В., Филиппов Ю.Г., Щевьев В.А. О переносе масс воды морскими и океанскими долгопериодными волнами // Морской гидрофизический журнал. Севастополь. 2004. №5. С.24—34.
9. Бондаренко А.Л., Жмур В.В. // Метеорология и гидрология. 2004. №11. С.39—52.
10. Сидоренков Н.С. Межгодовые колебания системы Атмосфера—Океан—Земля // Природа. 1999. №7. С.26—34.
11. Ферронский В.И. // Электронный журнал «Исследовано в России» (<http://zhurnal.ape.relarn.ru>). 2005. Т.8. №120. С.1207—1228.
12. Bjerknes J. // J. Phys. Oceanogr. 1972. V.2. P.212—217.
13. Gill A. // Quart. J. Roy. Meteorol. Soc. 1980. V.106. P.447—462.
14. Коротаев Г.К., Михайлова Э.Н., Шапиро Н.Б. Теория экваториальных противотечений в Мировом океане. Киев, 1986.
15. Webster P.J., Palmer T.N. // Nature. 1997. V.390. P.562—564.

Физика

Синхротронное излучение «читает» античные надписи

Греческие и латинские надписи, сделанные на камнях 2000 лет назад, не поддаются прочтению из-за разрушившей их эрозии. Однако теперь это становится возможным благодаря использованию синхротронного излучения. Физик Р.Торн (R.Thorne) и филолог К.Клинтон (K.Clinton; Корнелльский университет, США) для восстановления надписей применили метод флюоресценции: когда рентгеновские лучи бомбардируют какую-то поверхность, атомы приходят в возбужденное состояние, а затем, возвращаясь в состояние по-

кой, испускают видимый свет. Это позволяет определить следы железа или свинца, оставленного резцом античного автора. Предложенный метод весьма значим для исторической науки: по заключению Клинтон, такая техника может быть использована для прочтения почти всех древних документальных материалов, еще ждущих своей расшифровки.

Science et Vie. 2005. №1057. P.26 (Франция).

Охрана природы

Тростниковая камышовка становится редким видом

У этой небольшой (масса 14 г, высота 13 см) болотной птицы осталось два ареала гнез-

дования — в Польше и Белоруссии. Во время миграции на зимовку в Африку (общая протяженность перелета 12 тыс. км) тростниковая камышовка обычно задерживается в прибрежных болотах залива Одьерн (п-ов Бретань, Франция).

Недавно в Европе началась реализация программы «Life», цель которой — защита и охрана редких видов птиц. На ее осуществление выделено 700 тыс. евро. Ассоциация «Живая Бретань», уже несколько лет проводящая кольцевание тростниковых камышовок у пруда Трунвель в департаменте Финистер, будет активно участвовать в этой программе под руководством орнитолога Б.Баргэна (B.Bargain).

Terre Sauvage. 2005. №204. P.54 (Франция).

Чернобыль 20 лет спустя

После взрыва реактора ЧАЭС 30-километровая зона отчуждения стала долгосрочным научным полигоном для изучения самых разных радиологических эффектов, и мы неоднократно обращались к этой тематике (см., напр.: Следы Чернобыля в природной среде // Природа. 1991. №5. С.41–70; Чернобыль и проблемы радиобиологии // Природа. 2001. №4. С.10–33 и др.). В 20-летнюю годовщину чернобыльской катастрофы мы публикуем статью киевского генетика В.И.Глазко, в которой представлен интересный, но далеко не бесспорный взгляд на генетические последствия влияния ионизирующего облучения на человека и животных. Основываясь на собственных экспериментальных данных, полученных в результате многолетних исследований животных в чернобыльском регионе, автор пришел к выводу, что на популяционном уровне радиация — не столько индуктор мутантных форм, сколько фактор отбора, приводящий к изменению соотношений частот обычных (немутантных) генов. Несколько рискованным и сенсационным выглядит вывод автора о направленности обнаруженного отбора: радиация как фактор отбора приводит к рассыпанию высокоспециализированных генотипов и возврату к эволюционно предковым формам. При всей интуитивной привлекательности, этот вывод представляется по меньшей мере преждевременным. Тем не менее мы считаем полезной публикацию этой статьи, поскольку она может привлечь внимание научной общественности к новым тенденциям в изучении генетических последствий воздействия радиации.

В.И.Глазко

В апреле 1986 г. взорвался реактор Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), при этом произошел мощный выброс радиоактивных веществ, что привело к загрязнению значительных по площади территорий и массовому облучению людей. В истории человечества это, к сожалению, не единственная подобного рода катастрофа и, как ни печально, видимо, не последняя. И уж коли это случилось, важно выявить и проанализировать все негативные последствия чернобыльской трагедии для современного и будущих поколений.

Тридцатикилометровая зона отчуждения ЧАЭС — уникальный полигон для таких исследований, ведь на ограниченной территории резко изменился целый комплекс экологических



Валерий Иванович Глазко, доктор сельскохозяйственных наук, иностранный член Российской академии сельскохозяйственных наук, заведующий отделением радиэкологии Института агроэкологии и биотехнологии Украинской академии аграрных наук. Область научных интересов — популяционная и эволюционная генетика, ДНК-технологии.

факторов, и на фоне этих изменений воспроизводятся представители множества таксономических групп живых организмов, в том числе высшие млекопитающие.

Вокруг Чернобыля сложилось немало легенд. Еще совсем

недавно горячо обсуждали появление в зоне отчуждения всевозможных монстров. Речь шла о чудовищных мутациях, ускорении эволюции. Но все это — по слухам. Какие же генетические изменения можно реально связать с Чернобылем?

Куда делись мутанты?

Вся радиобиология выросла из работ Г.А.Надсона, С.Г.Филиппова, Г.Меллера, Л.Стадлера и Н.В.Тимофеева-Ресовского, которые изучали мутации у дрожжей, дрозофилы и других многоклеточных организмов, возникшие под воздействием ионизирующего излучения. Эти работы положили начало новой дисциплине — радиационной генетике. Благодаря многочисленным исследованиям последних десятилетий теперь уже известно, что элементарные частицы (γ -кванты, электроны, протоны и нейтроны), попадая в ядро клетки, вызывают ионизацию молекул воды, что приводит к нарушению химической структуры ДНК и возникновению дополнительных, индуцированных радиацией мутаций. Сделаны даже строго обоснованные расчеты, определяющие соотношение между дозой воздействия и количеством мутаций. В лабораторных условиях при высоких дозах облучения появление мутаций и мутантных организмов удается уловить, и частота их появления, в общем, соответствует теоретически ожидаемому эффекту.

Мутации в соматических клетках не делают организм мутантным, но они могут повышать риск развития онкологических заболеваний. Если же мутации происходят в половых клетках, должна повышаться частота рождения мутантов в следующем поколении. Тем не менее до сих пор не удавалось выявить мутации в кодирующих участках ДНК или доказать, что под воздействием радиации повысилась частота онкологических заболеваний (кроме рака щитовидной железы) у потомков людей, переживших аварию на ЧАЭС. Не удалось это также американским и японским ученым, проводившим многолетние генетические исследования после взрывов атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки. В чем дело?

Как известно, даже при отсутствии в окружающей среде мутагенов генетические нарушения (спонтанные мутации) возникают в организме постоянно, но только малая их часть сохраняется дольше двух-трех клеточных делений. Состояние генома контролируют сложные, комплексные механизмы, обеспечивающие защиту от возникающих ошибок, повреждений генетического материала. Восстановление (репарация) структуры ДНК — обязательное условие существования всех биологических объектов, от простейших одноклеточных до высокоорганизованных многоклеточных [1]. Мутации, которым все же удается уклониться от систем контроля генетического постоянства, события редкие; реальную опасность представляют как раз те, что могут сохраняться в ряду клеточных поколений.

Предполагается, что в гаплоидном геноме одной клетки в среднем находится около 100 тыс. потенциальных (пурин/пиримидиновых) сайтов мутирования [2]. Получается, что один такой сайт приходится на $3 \cdot 10^4$ нуклеотидов в среднем по геному, или на $3 \cdot 10^3$ нуклеотидных последовательностей структурных генов, кодирующих синтез белков. В то же время в структурных генах человека, по современным данным, частота спонтанных мутаций (нуклеотидных замещений, вставок-делеций и более комплексных изменений), которые могут оставаться нерепарированными, составляет $5 \cdot 10^{-11}$ на одно основание за клеточный цикл [3]. Видно, что потенциальные генетические дефекты реализуются в мутации по структурным генам много реже, чем возникают. Чтобы найти одну мутацию по определенному гену, надо исследовать как минимум 100 тыс. детей. По-видимому, с этим и связаны «неудачи» ученых, работавших в Японии: даже если после взрывов частота изменилась, то обнаружить это можно, изучив не де-

сятки тысяч, как это было сделано, а сотни тысяч детей. Иной путь — поиск новых экспериментальных подходов к изучению генетических последствий радиации.

В 80-х годах прошлого столетия в клетках эвкариот была открыта некодирующая (сателлитная) ДНК, которая не транскрибируется. Она часто встречается в области центромеры и является частью гетерохроматина. Состоит сателлитная ДНК из коротких последовательностей, повторяющихся в tandemном порядке. В зависимости от величины повторов различают микро- и минисателлиты. Мутации в них (изменение числа повторов) происходят с невероятной частотой, более чем в тысячу раз большей, чем для структурных генов. Микро- и минисателлиты были предложены в качестве потенциальных маркеров для исследования генетических эффектов ионизирующих излучений на уровне ДНК.

Десять лет назад были опубликованы первые результаты экспериментов, выявившие двукратное повышение частоты мутаций по минисателлитным локусам у детей, родители которых участвовали в ликвидации аварии на ЧАЭС, в сравнении с потомками необлученных родителей [4]. Впоследствии были получены новые свидетельства повышения частоты мутаций у детей ликвидаторов, но в качестве праймера в этот раз использовался 19—21 олигонуклеотид, представленный ди- или тринуклеотидным микросателлитным повтором [5]. Кроме того, были получены данные об увеличении мутаций по микросателлитным локусам у птиц, обитающих в зоне отчуждения ЧАЭС [6].

Естественно, эта проблема заслуживает особого внимания и изучения. Однако пока мини- и микросателлитные tandemные повторы остаются недостаточно исследованной частью генома высших организмов как в от-

ношении их внутренней гетерогенности, скоростей эволюции, факторов, влияющих на их изменчивость, так и в отношении фенотипических проявлений мутирования. Иными словами, результаты этих исследований пока не позволяют прогнозировать последствия произошедших изменений для здоровья будущих поколений. Но уже сейчас ясно, что радиация все же привела к генетическим изменениям среди потомков облученных родителей, и этот процесс, видимо, затронул не только сателлитную ДНК. Возможно, проблема в том, что после взрыва реактора или атомной бомбы популяции живых организмов имеют дело с долговременными (хроническими) низкодозовыми воздействиями, которые трудно смоделировать в лабораторных условиях.

После чернобыльской катастрофы явно повысилась частота встречаемости соматических клеток с хромосомными поломками и у животных, и у людей в разных регионах (в 1987 г. это было зарегистрировано даже у жителей Дании). Правда, до сих пор неясно, связано ли это с тем, что они чаще возникают, или с тем, что защитные системы организма медленнее их устраняют. Судя по всему, всевозможные системы отбора очень эффективно борются и с мутациями, которые появляются в половых клетках, именно поэтому их так трудно зафиксировать.

Наши коллеги из Института молекулярной биологии и генетики Национальной академии наук Украины, С.С.Малюта и А.И.Соломко, выявили повышенную смертность у лабораторных мышей, подвергшихся ионизирующему облучению в зоне отчуждения ЧАЭС, с самой ранней стадии развития эмбриона — до его имплантации в матку. Создалось впечатление, что если все же имплантация удалась, то дальше должна родиться нормальная мышь. В результате искусственного

культивирования ранних эмбрионов, полученных от облученных мышей, установлено, что у некоторых из них запаздывают стадии дробления яйца. Хорошо известно, что клеточное деление может задерживаться из-за повреждений генетического материала. По-видимому, в этом кроются причины гибели зародышей, несущих мутации, на ранней стадии развития.

Таким образом, на вопрос о том, куда делись мутанты, видимо, можно ответить следующим образом — мутанты не родились, и произошло это скорее всего потому, что либо не формируются гаметы из поврежденных пре-мейотических клеток, либо несущие их эмбрионы элиминируются на ранних стадиях дробления или оказываются неспособны к имплантации.

Не все гены хороши для новых условий

Существуют данные, свидетельствующие об увеличении ранней (до года) смертности детей в европейских странах после 1986 г. [7]. Возможно, что произошло это вследствие чернобыльской аварии, но тогда хотелось бы знать, какие же должны быть уровни радионуклидного загрязнения, чтобы в популяции млекопитающих (в данном случае человека) возросла смертность новорожденных и, соответственно, каковы должны быть поглощаемые живыми объектами дозы облучения, чтобы изменилась генетическая структура этой популяции в поколениях?

Оказывается, это довольно непростой вопрос. Главным образом потому, что на нашей планете есть множество регионов, где уровень естественного ионизирующего излучения в десятки, а то и в сотни раз выше среднемирового. Например, годовая доза облучения жителей провинции Рамзар в Иране составляет примерно 260 мЗв (для

сравнения — в среднем в мире она не превышает 3.5 мЗв в год). Тем не менее там не выявлено ни повышенной смертности, ни появления детей с врожденными дефектами развития. В то же время установлено, что клетки крови жителей Рамзара обладают удивительной устойчивостью к радиоактивному излучению. Так, экспериментальное облучение клеток их периферической крови в дозе 1.5 Гр приводило к существенно меньшему возникновению клеток с цитогенетическими аномалиями по сравнению с клетками крови жителей областей с низким естественным радиоактивным фоном [8].

К настоящему времени в литературе появились и другие данные, которые свидетельствуют о том, что у жителей разных районов с повышенным радиоактивным фоном из поколения в поколение идет селекция на увеличение в популяциях доли радиорезистентных людей [9—13].

Замечу, что среди 116 тыс. отселенных из чернобыльской зоны только около 5% людей получили дозу облучения больше 100 мЗв в год, и именно эта доза (почти в три раза меньшая, чем в Рамзаре) считается тем пределом, после которого начинаются отчетливые увеличения частот онкологических заболеваний [14].

Таким образом, реальную опасность представляет не сама полученная доза ионизирующего излучения, а ее «новизна» для данной популяции, вида или видовых сообществ. Очевидно, что для жителей Рамзара увеличение годовой дозы на 3.5 мЗв вряд ли будет приводить к каким-либо последствиям для здоровья, но для большинства европейских популяций, не встречавшихся в ряду поколений с дозами выше 1 мЗв в год, такое изменение может привести к уходу из генофонда радиочувствительных особей и, соответственно, к изменению генетической структуры популяций.

В нашем отделе был выполнен сравнительный анализ частот встречаемости различных хромосомных поломок в клетках крови подростков 14–15 лет, получивших дозы ионизирующего излучения около 30 мЗв. Оказалось, что у них статистически достоверно чаще встречаются клетки со стабильными хромосомными аномалиями, такими как транслокации, инверсии, инсерции. Полученные данные свидетельствуют о том, что в крови детей накапливаются клоны клеток, несущие перечисленные типы аномалий, которые, как известно, могут существенно осложнять формирование у них половых клеток (прохождение мейоза). Вполне вероятно, что у детей, получивших дозы ионизирующего излучения в эмбриональном периоде, будут возникать проблемы с репродукцией [15]. Однако реально оценить это можно будет только лет через двадцать, поскольку дети, родившиеся после чернобыльской катастрофы, только сейчас начинают вступать в репродуктивный период. Тогда же можно будет говорить и о том, как отразились события в Чернобыле на смертности и рождаемости людей в европейских странах.

Понимая, что отбор наверняка существует и на стадии мейоза во время образования гамет, мы обнаружили явление, выходящее за рамки простой выбраковки клеток с генетическими дефектами. Оказалось, что различные варианты (аллели) некоторых генов передаются потомкам с разной вероятностью.

Помимо людей, пострадавших от радиоактивного облучения, объектами наших исследований были разные линии лабораторных мышей, а также три вида полевок, отловленных в зоне отчуждения ЧАЭС, и крупный рогатый скот.

Поколения крупного рогатого скота. Основой экспериментального стада в хозяйстве «Новошепеличи» стали

три коровы и бык, обнаруженные в 1987 г. в четырех километрах от реактора. Быка называли Ураном, коров — Альфа, Бета и Гамма. Животные воспроизводились в условиях радионуклидного загрязнения около 200 Ки/км². Кроме того, специально с исследовательскими целями в 1990–1992 гг. сюда завезли еще 13 коров из относительно чистых районов. Этим коров мы рассматривали как нулевое — родительское поколение, от которых было получено пять следующих поколений, родившихся в условиях повышенного (примерно в 100 раз) уровня ионизирующего излучения.

Экспериментальное стадо насчитывало более двух сотен животных. Часть родительского поколения уже умерла, в 2002 г. умер и бык Уран, сохранявший репродуктивную функцию вплоть до 17 лет. За время существования этого стада Альфа, Бета и Гамма приносили в среднем по 0.9 теленка в год, а вот коровы первого поколения, появившиеся на свет в условиях повышенного радиационного фона, рожали почти в два раза реже. Создалось впечатление, что если коровы попадали в загрязненную зону после рождения, это почти не сказывалось на их репродуктивной функции, но вот если в этих условиях проходило внутриутробное развитие животных, и, в частности, закладка яйцеклеток у самок, то их плодовитость существенно снижалась.

Кроме того, в поколениях животных, родившихся в зоне, мы отчетливо наблюдали нарушение правильной сегрегации (1:1) при передаче аллелей от родителей к потомкам, что свидетельствует об отборе на уровне гамет. Мы обнаружили достоверные отклонения от него для четырех генов: трансферрина, церулоплазмينا, рецептора к витамину Д и пуриинуклеозидфосфорилазы. Что касается двух первых, кодирующих белки транспорта железа и меди, то

здесь наследовались в основном аллели с наименьшей подвижностью в электрическом поле (т.е. с наименьшим электрическим зарядом и, предположительно, более стабильные), а для рецептора к витамину Д преимущество получал альтернативный вариант гена. У пуриинуклеозидфосфорилазы обычно наследовался вариант с высокой активностью. Наблюдалось также преимущественное рождение гетерозигот, что подтверждает действие радиации как селективного фактора.

В наших исследованиях достаточно отчетливо фиксировалась элиминация особей, для которых было характерно носительство генотипов, типичных для высокоспециализированной родительской голштинской породы. Благодаря тому, что животные экспериментального хозяйства всех поколений были доступны для анализа, легко можно было увидеть, какие варианты генов чаще всего не передаются потомкам, т.е. уходят из генофонда. Так, например, в первом поколении, родившемся в Чернобыле от быка Урана, потомки наследовали от коров чаще всего только один вариант гена трансферрина из трех возможных, Д2. Причем этот вариант обычно типичен не для голштинов, а для более примитивных, но более устойчивых к неблагоприятным условиям воспроизводства пород, например таких, как древний серый украинский скот [16–18].

Процессы, благодаря которым «уходят» из популяции некоторые гены, хорошо видны при анализе количества рожденных телят в год на одну корову в экспериментальном стаде и количества погибших телят в возрасте до трех месяцев после рождения. Вероятно, в отличия генетической структуры потомства от родительского поколения существенный вклад вносит и высокая стерильность коров, родившихся в зоне отчуждения ЧАЭС.

Лабораторные линии мышей. На мышах трех разных лабораторных линий было обнаружено, что каждая из них характеризуется своим спонтанным мутационным спектром в клетках костного мозга, и только некоторые его характеристики меняются в связи с возрастом и сезоном исследования. Так, для линии мышей C57BL/6 типично нарастание хромосомных потерь (анеуплоидии) с возрастом и летом по сравнению с зимой. Для линии CC57W/Mv такие изменения преимущественно наблюдались по внутривитаминным дефектам (хромосомным абберациям); для линии BALB/c по доле полиплоидных клеток. Причем в условиях повышенного уровня ионизирующего излучения примерно в 100 раз (около 0.4 Гр в год) в виварии рядом с ЧАЭС наблюдалось повышение частот встречаемости у каждой линии только тех аномалий, спонтанная нестабильность которых обнаруживалась в контрольных условиях [19]. Например, у линии C57BL/6 увеличивалась частота анеуплоидных клеток, у линии CC57W/Mv — метафаз с хромосомными абберациями. В данном случае повышение ионизирующего излучения не приводило к появлению новых характеристик в мутационных спектрах у мышей, а только усиливало проявление спонтанной нестабильности по отдельным, линейноспецифичным характеристикам таких спектров.

Следует отметить, что для мышей характерна отчетливая связь мутационных эффектов повышенного уровня ионизирующего излучения с возрастом. Так, у мышей линии CC57W/Mv «старые» животные в контрольных условиях отличались от «юных» более высокой частотой встречаемости различных цитогенетических аномалий, в частности одноядерных лейкоцитов с микроядрами. В то же время у «старых» мышей экспериментальной (чернобыльской) группы, подвергавшихся в течение

жизни действию повышенного уровня ионизирующего излучения, частота таких аномалий оказалась меньше не только по отношению к своему возрастному контролю, но и по сравнению с «юными» чернобыльскими мышами [20].

Сходные данные были получены и другими авторами, показавшими, что стимуляция клеточного деления при высоких дозах ионизирующего облучения приводит к ускорению элиминации клеток с генетическими дефектами [21].

Полевки из зоны отчуждения ЧАЭС. У всех видов полевок, отловленных в местах с повышенным уровнем радионуклидного загрязнения (Янов — около 200 Ки/км²; Чистогаловка — около 500 Ки/км²; «Рыжий лес» — около 1000 Ки/км²), в клетках костного мозга накапливались именно те цитогенетические аномалии, повышенная изменчивость которых видоспецифична для мутационных спектров полевок из относительно чистых местообитаний. У рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) — метафазы с робертсоновскими межхромосомными слияниями, у обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*) — анеуплоидия. Как и в случае с лабораторными мышами, облучение не вызывало появления качественно новых характеристик мутационных спектров, а только усиливало проявление тех, повышенная нестабильность которых наблюдалась у животных из чистых зон [22].

Более того, оказалось, что со временем, несмотря на сохранение высокого уровня радионуклидного загрязнения в местах отлова грызунов, у полевок разных видов постепенно уменьшалось количество животных с высокой частотой мутантных клеток в костном мозге. Похоже, в новых условиях размножались преимущественно особи, наиболее устойчивые к повреждающему действию ионизирующего излучения, — шел интенсивный

отбор. Важно подчеркнуть, что такое уменьшение, свидетельствующее о постепенном накоплении радиорезистентных особей, у рыжей полевки отчетливо наблюдается только у животных, отловленных в «Рыжем лесу» с самым высоким уровнем радионуклидного загрязнения. Получается, что скорость отбора на радиорезистентность тем выше, чем выше уровень загрязнения. Однако даже в «Рыжем лесу» отбор устойчивых к радиоактивности особей произошел лишь к 26-му поколению полевок, которые размножаются дважды в год, т.е. спустя 13 лет после аварии. Учитывая репродуктивные особенности человека, нетрудно посчитать, что для появления людей с повышенной устойчивостью к ионизирующему излучению, как, например, в популяциях местности Рамзар в Иране, необходимо, чтобы прошло примерно 600 лет.

К чему ведет отбор?

В стаде крупного рогатого скота, воспроизводимом в экспериментальном хозяйстве «Новошепеличи», генетическая структура все сильнее отклоняется от типичной для высокоспециализированной молочной породы в сторону менее специализированных пород. Видимо, преимущество для воспроизводства получают особи, наиболее устойчивые к генотоксическим воздействиям ионизирующего излучения. Интересно, однако, другое: не только ионизирующее излучение, но и другие неблагоприятные факторы приводят к постепенному накоплению в группах крупного рогатого скота одних и тех же аллелей. Обнаружено, например, сходство между коровами, которые рождаются в условиях Чернобыля, и теми, которые появились на свет в новом регионе разведения — после перемещения группы крупного рогатого скота серой украинской породы из Херсонской области в Сибирь.

Создается впечатление, что в новых экологических условиях интенсивность естественного отбора растет. Мутантные особи при этом не возникают или не выживают, поскольку практически любая мутация плохо совмещается с тем сочетанием (коадаптивным комплексом) генов, которое возникло благодаря длительному предшествующему отбору. Кроме того, новые условия способствуют воспроизводству особей, гетерозиготных по целому ряду генетических локусов.

В общем, популяционно-генетическая адаптация идет не путем возникновения и накопления новых, мутантных, вариантов генов, а за счет поиска подходящих для новых условий адаптивных комбинаций, состо-

ящих из старых (ранее присутствующих в популяции) генов. Исследования генетических процессов у различных видов в зоне отчуждения ЧАЭС как раз и позволяют вычленивать у них ту часть генофонда, которая ответственна за выживание в условиях повышенного давления естественного отбора.

* * *

Спустя два десятилетия после аварии в Чернобыле на основании выполненных исследований можно сделать несколько неутешительных выводов:

— главная проблема для популяций разных видов (в том числе и человека), оказавшихся на загрязненной радионуклидами территории, заключается не в абсолютной величине полу-

ченных доз облучения, а в их новизне;

— главные популяционные последствия — не увеличение количества мутантных организмов, а обеднение генофонда: из воспроизводства уходят гены, связанные с повышенной чувствительностью организмов к новым для популяции условиям (в данном случае — повышению радиации). По-видимому, выживают особи с наименее специализированными генотипами;

— реальные генетические последствия чернобыльской катастрофы для популяций человека европейских стран будут известны еще очень скоро, поскольку только сейчас дети, родившиеся после 1986 г., вступают в репродуктивный период. ■

Литература

1. Шарова Н.П., Абрамова Е.Б. Повреждение и починка ДНК // Природа. 2004. №11. С.3—12.
2. Nakamura J., Swenberg J.A. // Cancer Res. 1999. V.59. P.2522—2526.
3. Drake J.W., Charlesworth B., Charlesworth D. et al. // Genetics. 1998. V.148. P.1667—1686.
4. Dubrova Y.E., Nesterov V.N., Krouchinsky N.G. et al. // Nature. 1996. V.380. P.683—685.
5. Weinberg H.S., Korol A.B., Kirzhner V.M. et al. // Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 2001. V.22. №268(1471). P.1001—1005.
6. Ellegren H., Lindgren G., Primmer C. et al. // Nature. 1997. V.389. №9. P.593—596.
7. Scherb H., Weigelt E., Bruske-Hoblfeld I. // International J. of Epidemiology. 1999. V.28. P.932—940.
8. Ghiassi-Nejad M., Mortazavi S.M., Cameron J.R. et al. // Health Phys. 2002. V.82. №1. P.87—93.
9. Tao Z., Zha Y., Akiba S. et al. // J. Radiat. Res. (Tokyo). 2000. V.41. P.31—41.
10. Zhang W., Wang C., Chen D. et al. // J. Radiat. Res. (Tokyo). 2003. V.44. P.69—78.
11. Jaikrishan G., Andrews V.J., Thampi M.V. et al. // Radiat. Res. 1999. V.152. P.149—153.
12. Nair M.K., Nambi K.S., Amma N.S. et al. // Radiat. Res. 1999. V.152. P.145—148.
13. Nambi K.S., Soman S.D. // Health Phys. 1987. V.52. P.653—657.
14. Masse R. // C. R. Acad. Sci. III. 2000. V.323. №7. P.633—640.
15. Настюкова В.В., Степанова Е.И., Глазко В.И. // Цитология и генетика (Украина). 2002. Т.6. С.45—52.
16. Glazko V.I., Glazko T.T., Arkhipov N.P. et al. // Tsukuba Association of Radiation Safety (Japan). 1996. V.6—7. P.124—132.
17. Glazko V.I. // Animal Science Papers and Reports. 2001. V.19. №2. P.95—109.
18. Glazko V.I., Glazko T.T. // Animal Science Papers and Reports. 2004. V.22. №1. P.141—148.
19. Глазко Т.Т., Ковалева О.А., Придатко О.Е. // Доклады Национальной академии наук Украины. 1999. №10. С.191—196.
20. Глазко Т.Т., Сафонова Н.А., Ковалева О.А. и др. // Доклады Национальной академии наук Украины. 1995. №9. С.132—136.
21. Rotbkamm K., Lobrich M. // PNAS. 2003. V.100. №9. P.5057—5062.
22. Костенко С.А., Бунтова Е.Г., Глазко Т.Т. // Цитология и генетика (Украина). 2001. Т.35. №2. С.11—18.

Эта загадочная норма

О.С.Авдейчик

Псков

Н.Н.Богданов,

кандидат медицинских наук

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН

Москва

Большинство существующих сегодня типологических систем, относящихся к человеку, пришло из клинической медицины и базируется на предрасположенности к тем или иным заболеваниям. Самая известная среди них связана с именем легендарного врача Древней Греции Гиппократ, а самая лучшая предложена в начале XX в. немецким психиатром и психологом Эрнстом Кречмером. Недостатки типологий подобного рода, начиная от весьма грубой характеристики выделяемых ими типов, неспособности охватить все многообразие индивидуальных черт и кончая непонятностью и непривлекательностью для специалистов, очевидны. Совер-

шенно ясно, что современная биология человека нуждается в использовании новых, принципиально *нейтральных* характеристик, способных независимо от ракурса здоровья и болезни отражать человеческую индивидуальность.

Таким критерием могли бы служить особенности гребневой кожи, покрывающей внутреннюю поверхность кистей рук и подошвы ног практически всех приматов, в том числе и человека. Имеющиеся здесь узоры (они закладываются еще в период внутриутробного развития и не меняются в течение всей жизни), несмотря на все индивидуальное своеобразие, весьма легко классифицируются и могут играть роль весьма надежного и точного маркера свойств человеческого организма.

В настоящей работе проанализированы пальцевые формулы — совокупность узоров гребневой кожи ногтевых фаланг 10 пальцев — 23 156 людей (мужчин и женщин), попавших в поле зрения правоохранительных органов (табл.1). Подобный выбор контингента определяется только доступностью материала. В то же время вменяемое всем этим людям обвинение, предусмотренное статьями 89 и 144 Уголовного кодекса СССР (присвоение личного или государственного имущества), делает анализируемую группу весьма близкой к репрезентативным выборкам из обычных популяций. Отпечатки пальцев получали с помощью типографской краски на листах бумаги стандартным способом.

© Авдейчик О.С., Богданов Н.Н., 2006



Основные типы пальцевых узоров. Слева направо: дуги, петли, завитки.

6

№ 10617

Ложное имя: _____

Прозвище, кличка: *СКОРПИ*

Фамилия: *Маяковский*

Имя и отч., если иновѣрецъ — то всѣ имена, а еврей — какими называется христиан. именем: *Владимир*

Подробное звание: *Эвардминд*

Место рождения въ гор. (д. с. *Тогограда* *Кавказской губ.*)

Отец? _____ Мать *и* ее дѣвичья фамилия? _____ Живы-ли они? _____

Женатъ (замужемъ), холостъ (дѣвица), вдовъ, разведенъ? *холост*

Имя и отч. жены (мужа) и ее дѣвичья фамилия? _____ Любви, связь? _____

Братья, сестры и проч. извѣстные родственники: *сестры: Александра и Анна Кн*

Вѣроисповѣданіе? *православ.* Воен. служба? _____

Гдѣ получилъ образованіе? *5-й классъ школы. Кавказской гимназіи*

Знаетъ-ли мастерство (профессія) и послѣднее мѣсто службы? *готовилъ на артилл. заводѣ*

Послѣднее мѣсто-жительство? *Шоссе*

Когда, гдѣ и по как. дѣлу задержанъ или привлеченъ? *29 марта по Типографіи в д. Кавкази*

По какому дѣлу ранѣ привлекался? _____

Были-ли ранѣ сняты фотографія, когдѣ и гдѣ? _____

Не подвергался-ли уже регистраціи при помощи антропометрическихъ измѣреній или дактилоскопій, когдѣ и гдѣ? _____

22) Природный языкъ? _____ Иностран. агентъ? _____ Выговоръ (областной), нарѣчье? _____

Голосъ? _____ Шепелявость, картавость и т. п.? _____

23) Особенности одежды? _____

24) Примѣчанія: _____

Правой руки:



большой, указательный, средний, безымянный, мизинный.

Левой руки:



большой, указательный, средний, безымянный, мизинный.

Отпечатки пальцев В.В.Маяковского. Государственный архив РФ. Ф.1742. Оп.1. Ч.2. Д.22866. Любопытно, что такая пальцевая формула не встречается в проанализированной авторами выборке.

Известно, что дерматоглифические узоры на пальцах классифицируются в рамках трех групп — дуг, петель, завитков. Распределение их на 10 пальцах дает 59 049 возможных вариантов. Однако в проанализированной нами выборке отмечено всего лишь 2 046 разновидностей пальцевых формул. Таким образом, число реально существующих типов в сравнении с теоретически возможными ничтожно мало. Несомненно, какие-то варианты дерма-

тоглифического рисунка встречаются в других выборках, но вряд ли их общее число достигнет и 2,5 тысяч.

Почему же огромное число формул пальцевого рисунка не встречается? Забегая вперед, скажем, что это не может определяться ничем иным, как отбором, вероятно, давным-давно отсеявшим множество типов. Каковы же критерии этого отбора? Они также связаны с адаптационным потенциалом организма. Значит, дерматоглифи-

ческая картина редко встречающихся вариантов указывает на низкие адаптивные возможности своего обладателя. На первый взгляд, высказанное утверждение кажется парадоксальным: ведь гребневая кожа давно уже утратила принципиально важное приспособительное значение. Тем ценнее маркерные возможности этого признака человеческого организма.

В нашем исследовании число представительных групп (т.е. тех, что включают 100 и более

Таблица 1

Наиболее частые варианты распределения пальцевого рисунка в группе жителей северо-западных областей России

Пальцевая формула		Общее число человек (n = 23156)	%
правая рука	левая рука		
10 петель		2037	8.80
ззззп	ззззп	591	2.55
пппзп	ппппп	542	2.34
пдппп	ппппп	520	2.25
10 завитков		487	2.10
ппппп	пдппп	470	2.02
пдппп	пдппп	325	1.40
ззззз	ззззп	318	1.37
пзппп	ппппп	296	1.28
пппзп	пппзп	286	1.24
зпппп	ппппп	265	1.14
зпппп	зпппп	253	1.10
ззпзп	ззпзп	235	1.01
ззппп	ззппп	199	0.86
ппппп	пзппп	196	0.85
ззпзп	ззппп	192	0.82
пзппп	пзппп	161	0.70
ззпзп	ззззп	159	0.69
ззззп	ззпзп	157	0.68
ззззп	пзззп	154	0.67
ппппп	ппдпп	152	0.65
ппппп	зпппп	151	0.65
зппзп	ззппп	143	0.61
ззппп	зпппп	142	0.61
зппзп	пппзп	137	0.59
пзпзп	ппппп	136	0.59
пзззп	пзззп	128	0.55
пдппп	пдппп	122	0.53
ззпзп	зппзп	121	0.52
ззпзп	ппппп	121	0.52

Примечание: пальцы указаны от большого к мизинцу; з — завиток, п — петля, д — дуга.

человек) составляет всего 40. Можно полагать, что это и есть основной набор, из которого формируются восточноевропейские популяции! В первых 30 группах наиболее часто встречаются обладатели 10 петель, что вполне закономерно, поскольку петлевые рисунки, как показали многочисленные популяционные исследования, — самый распространенный тип. Следом за ним идут обладатели восьми завитковых узоров на первых четырех пальцах обеих рук (исключая мизинцы, где локализируются петли), затем — обладатели единственного завитка на безымянном пальце правой руки, единственной дуги на указательном пальце правой руки (при прочих петлях) и, наконец, — обладатели 10 завитков.

Обращает на себя внимание, что в первых 40 группах ни разу не встречаются обладатели сразу всех трех типов узоров. Самой представительной среди них (99 человек) оказалась группа, в которой дуга отмечалась на указательном пальце левой руки и завиток на безымянном правой (остальные узоры — петли). Далее следует группа со сходным пальцевым рисунком, отличающаяся от предыдущей только тем, что дуга локализуется здесь на указательном пальце правой

Таблица 2

Варианты распределения пальцевых узоров с большим числом дуг

Пальцевая формула	ддззд	ддпдд	дддзз	дддзп	дддпз	дддпп	дддзд	ддднд	ддддз	ддддп	ддддд
ддззд											
ддпдд		1									
дддзз											
дддзп											
дддпз											
дддпп				6		28		2		6	
дддзд						1					
дддпд		1				6		6		8	1
ддддз											
ддддп					1	8		2		4	3
ддддд		1				11	1	24		16	47

Примечание: сверху — пальцы правой руки, слева — пальцы левой от большого пальца к мизинцу. Обозначения узоров такие же, как и в таблице 1.

руки (75 человек), и группа (67 персон), где завиток локализуется на большом пальце, а дуга — на указательном правой руки. В наиболее представительных группах просматривается и еще одна закономерность: если на обоих мизинцах есть завитки, то они будут и на остальных пальцах (не менее девяти); если же завиток имеется только на одном из мизинцев, общее число завитковых узоров оказывается не ниже восьми и лишь в одном случае — семи.

Чрезвычайно интересно, что в проанализированном нами материале 875 раз встречаются ва-

рианты, представленные всего лишь одним человеком (таковы, к примеру, обладатели формул ззззпзззпз, ззпзззззпз, ззззззззпз, ппппдзппп, зпдпзпдзп; распределение узоров от большого пальца правой руки к мизинцу левой, а их обозначения такие же, как и в табл.1). В то же время 308 вариантов были представлены двумя персонами и 172 — тремя.

Важная закономерность прослеживается и в отношении обладателей большого числа дуговых узоров. Как известно, это самый редкий тип пальцевого рисунка (исключая, разумеется,

атипичные узоры). Между тем обладатели мономорфных по дугам рук (т.е. люди, на всех пальцах которых имеется только этот рисунок) встречаются гораздо чаще, чем обладатели 9, 8, 7, 6 дуг (табл.2).

Таким образом, мы имеем дело со своеобразной кластеризацией человеческих типов. Наиболее распространенные варианты формул дерматоглифического рисунка на пальцах, вероятно, указывают на организмы с наибольшими адаптивными возможностями. Раскрытие качеств этих типов — дело дальнейших исследований. ■

Экология

Перхлорат в материнском молоке

Группа специалистов Техасского технологического университета (США) на протяжении двух лет находит следы перхлоратов во всех пробах материнского молока, взятых в 18 американских штатах. В этом нет ничего удивительного: с начала 1990-х годов анализы питьевой воды в США показывают присутствие этого опасного загрязнителя. Он используется в аэрокосмической и военной отраслях промышленности — в качестве окислителя в твердотопливной смеси для стартовых ускорителей. В 36 штатах уровни грунтовых вод близки к поверхности в местах расположения различных военных объектов.

Федеральное агентство по защите окружающей среды недавно установило норму концентрации перхлоратов в питьевой воде, однако защитники окружающей среды хотят ее опровергнуть. Стоимость очистки воды от этого загрязнителя весьма высока: так, для небольшого города Риалто (штат Калифорния) ее оценили в 40 млн долл.

Terre Sauvage. 2005. №207. P.54 (Франция).

Ихтиология

Секреты большой белой акулы

Большая белая акула (*Carcharodon carcharias*), чей образ жизни представляет загадку для специалистов, не раскрыла своих секретов даже после полугодичного содержания в океанариуме г.Монтерей (штат Калифорния, США) молодой самки этого вида. Исследователи надеялись изучить ее развитие и рост на протяжении первых лет жизни. К сожалению, акула оказалась неспособной обитать в замкнутом пространстве: ее агрессивность по отношению к другим обитателям бассейна периодически сменялась суицидными попытками рыбы — она билась головой о стенки бассейна. Пришлось выпустить ее в Тихий океан.

Тем не менее пребывание *C.carcharias* в океанариуме в течение 6 мес можно считать успехом (предыдущий рекорд составил всего 16 сут, затем рыба погибла), его можно объяснить лишь малым возрастом данной особи. Даже сама ее поимка — большая удача: обнаружить молодую этого вида в океане чрезвычайно трудно.

Sciences et Avenir. 2005. №699. P.41 (Франция).

Археология

Некрополь под обелиском

В 1-м тысячелетии г.Аксум (Эфиопия) был столицей Аксумского царства, достигшего вершины могущества в III—IV вв. В 1937 г. войска Муссолини вывезли из города выдающийся памятник архитектуры — 24-метровый обелиск. В 2005 г. Италия вернула его на родину (разделив на три части для облегчения транспортировки). При исследовании места установки обелиска с помощью георадара и электротомографии эксперты ЮНЕСКО обнаружили незамеченные ранее подземные полости, а в них — дохристианскую царскую усыпальницу II—III вв. с несколькими погребальными помещениями. Захоронение простирается далеко за пределы археологической зоны Аксума (в 70-е годы прошлого века здесь уже было открыто множество могил, но большую их часть разграбили).

Полученные материалы сейчас изучаются в Университете Ла Сапиенца в Риме. Создаются трехмерные модели некрополя, в дальнейшем их передадут эфиопским властям.

Sciences et Avenir. 2005. №700. P.36 (Франция).

Рамейваском

Читая следы сегнозавров

А.Г.Сенников

Для палеонтолога, точнее, специалиста по ископаемым позвоночным, объектом изучения чаще всего служат окаменевшие костные остатки когда-то обитавших на Земле животных, поскольку отпечатки тела с мягкими тканями сохраняются гораздо реже. Но в породах разного времени найдено немало следов жизнедеятельности древних позвоночных, в том числе следов их передвижения — отпечатков лап, хвоста и т.д. И такие отпечатки могут дать палеонтологу массу информации, например о том, ходило животное на двух или четырех конечностях, как ставило их, какова была скорость передвижения и способ охоты (если это хищник). Можно даже составить представление об образе жизни представителей полностью вымерших групп позвоночных.

Следы, следы...

В 1963 г. на территории Таджикистана, в долине р.Ширкент, в нижнемеловых отложениях геолог Ф.Х.Хакимов обнаружил две необычных следовых дорожки, оставленных неизвестным двуногим динозавром.

Его коллега С.А.Захаров, детально описавший эти следы,

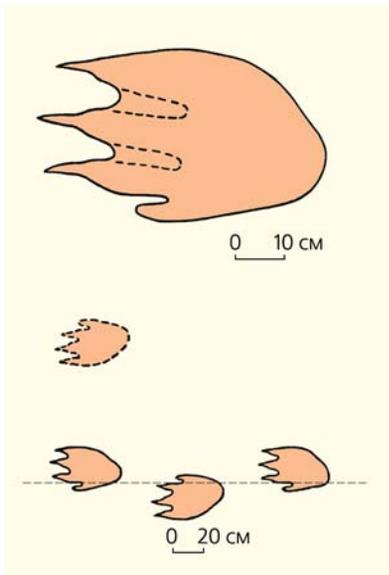


Андрей Герасимович Сенников, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Палеонтологического института РАН. Научные интересы связаны с палеогерпетологией, функциональной морфологией позвоночных, палеоэкологией, палеоихнологией и биостратиграфией.

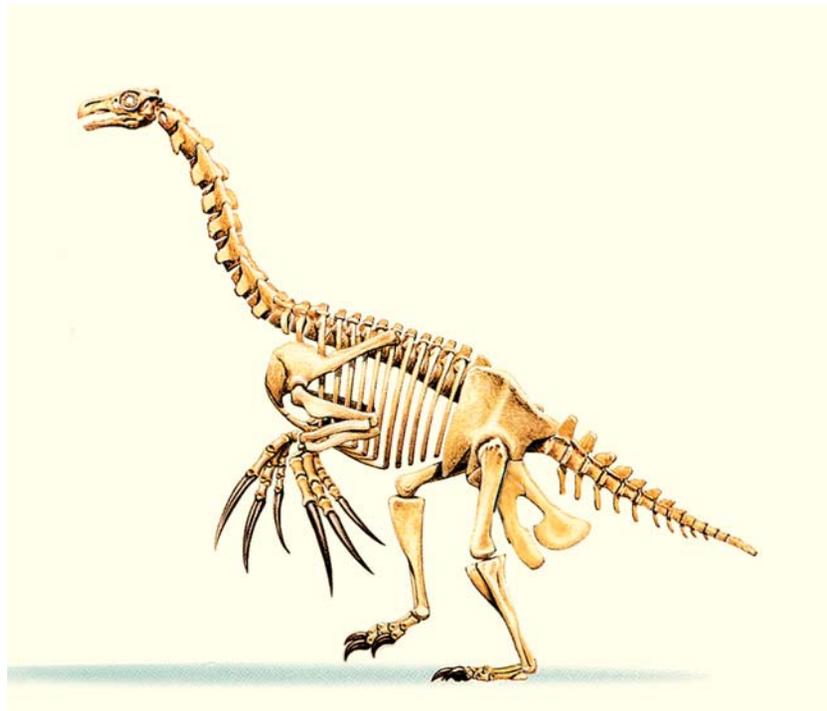
выделил новый род и вид — *Macropodosaurus gravis* [1]. Хотя следы макроподозавра отличались от следов типичных хищных динозавров, или теропод, именно к ним отнес его Захаров. Расшифровав следовые дорожки, он восстановил внешний облик и образ жизни этих животных. Макроподозавры, по мнению Захарова, обитали по побережьям морей или других водоемов, были массивными, передвигались на двух относительно коротких ногах, ходили медленно, причем на всей стопе, а не на пальцах, как другие динозавры. Следовательно, макроподозавры вряд ли были настоящими хищниками, как большинство теропод, а скорее всего, перешли ко всеядности. Захаров заключил, что среди

динозавров могли быть ветви, сильно отличавшиеся от других, известных уже теропод. Макроподозавров же он предложил выделить в самостоятельное семейство.

Захаровская реконструкция животных по дорожкам следов и заключительное предположение оказались ярким примером научного предвидения. Оно сбылось, когда была открыта новая группа удивительных и загадочных ящеротазовых динозавров — Segnosauria (Therizinosauria), относимых сейчас к тероподам. Сегнозавры, эти массивные двуногие динозавры с небольшой головой на длинной шее, имели вытянутые челюсти, усаженные многочисленными мелкими слабыми зубами, короткий хвост, относи-



Прорисовка следовой дорожки и следа правой задней конечности макроподозавра (по Захарову С.А., 1964).



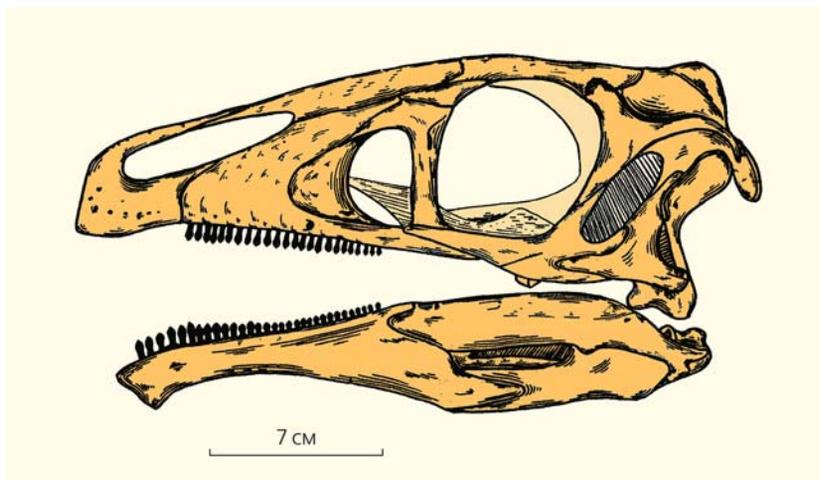
Реконструкция скелета одного из сегнозавров, теризинозавра, из позднего мела Монголии (по Lambert D. et al., 2001, с изменениями). Хорошо видны пропорции и детали строения тела: маленькая голова; длинная шея; массивные передние лапы с огромными когтями; большие стопы, на которые опирался тяжеловесный ящер; направленная назад лобковая кость и сросшиеся хвостовые позвонки (пигостиль). Внизу показаны когти передних конечностей и правая кисть этого же динозавра (экспонаты Палеонтологического музея им.Ю.А.Орлова).

Фото Е.А.Сенниковой

тельно короткие задние конечности с длинными узкими когтями и небольшие, но мощные передние лапы, которые были снабжены чудовищной величины прямыми когтями. Относительно образа жизни сегнозавров высказывались самые разные мнения и только одно при-

нималось безоговорочно всеми исследователями: хищниками эти динозавры не были. Кто-то предполагал, что они были рыбоядными, кто-то считал их всеядными или же растительноядными, как ленивцы. Существовала также версия о насекомоядности сегнозавров. По этой версии,

они питались общественными насекомыми, подобно современным муравьям, и огромными когтями на передних лапах могли разрывать термитники. По аналогии с муравьями кажется весьма правдоподобным, что эти страшные когти служили, кроме того, основным



Череп еще одного сегнозавра — эрликозавра. Вид сбоку (по Перлэ А., 1981).

Бросаются в глаза удлинённые слабые челюсти, многочисленные притупленные тонкие зубы, их отсутствие на конце верхней челюсти. Животное с таким челюстным аппаратом не могло быть хищником.

и, вероятно, довольно эффективным оружием для защиты от хищников, желавших полакомиться неповоротливыми сегнозаврами. Несмотря на короткую стопу и короткий, не слившийся в цевку метатарсальный от-

дел (плюсну) задних конечностей, все авторы реконструируют сегнозавров пальцеходящими.

Как видно из приведенных описаний, у макроподозавра и сегнозавров немало сходств. Однако из всех упоминаний

макроподозавра в литературе только Л.А.Несов предположил, что следы этого динозавра похожи на оставленные сегнозавром [2].

Во время экспедиционных работ в 1987 г. в Средней Азии мне удалось изучить следы макроподозавра в местонахождении Ширкент-1 (так стали называть обнажение нижнемеловых горных пород на западе Таджикистана, где Хакимов обнаружил дорожку следов). Что их оставил сегнозавр, мне стало понятно уже при полевом изучении.

Две следовые дорожки были видны в правом склоне долины р.Ширкент на поверхности плотного глинистого известняка. Пласт со слабо выраженными знаками ячеистой ряби обнажался на крутом, почти отвесном склоне. Судя по характеру пород, следы макроподозавра были оставлены на илистом осадке побережья в полосе заливно-лагунного морского мелководья, видимо, во время отлива или понижения уровня воды. В раннем мелу гидрологический и солевой режимы здесь были



Общий вид местонахождения Ширкент-1 с дорожкой следов макроподозавра (слева) и отпечаток правой задней конечности. На отпечатке стопы различимы четыре сближенных пальца, направленные вверх, и широкая плюсна внизу.

Фото автора

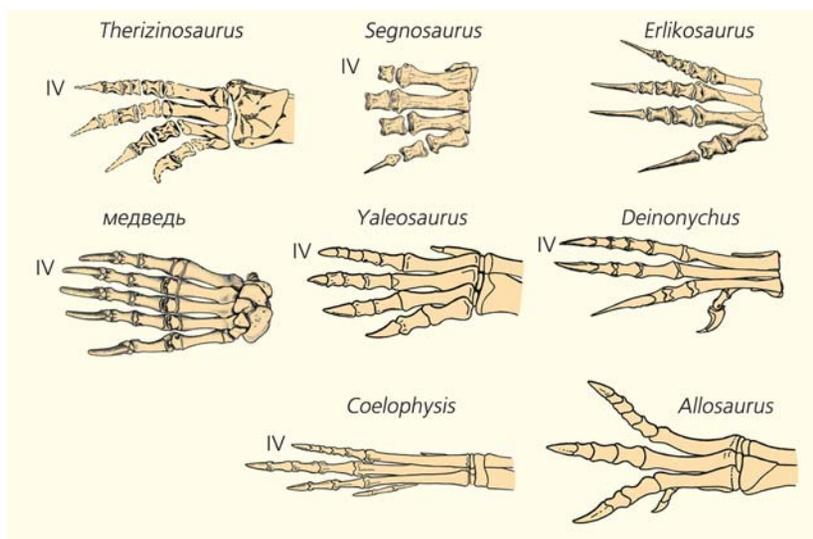


неустойчивы, и мелководье периодически осушалось [1, 3].

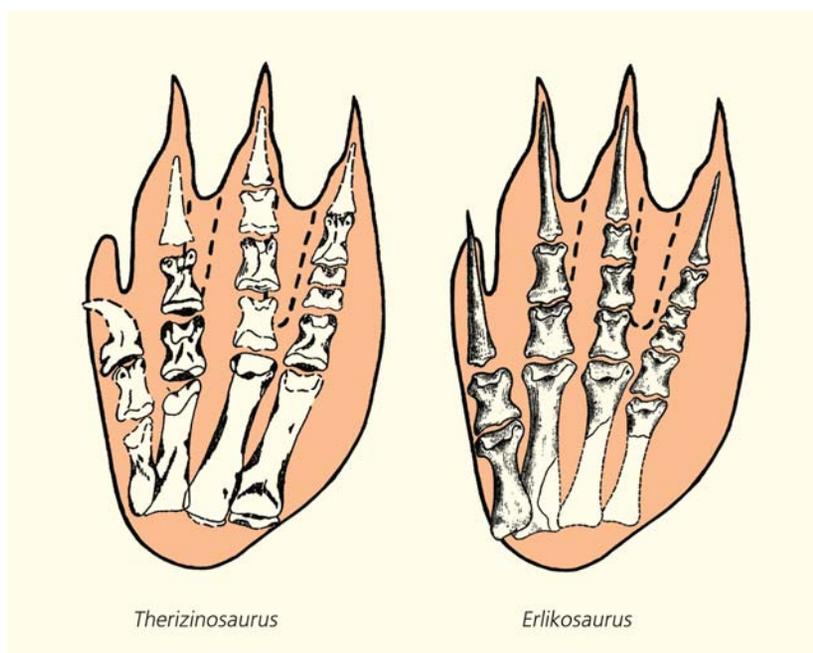
Одна следовая дорожка состояла из семи отпечатков, параллельно ей шла другая, худшей сохранности, где различались только два следа. Поскольку кроме отпечатков задних конечностей никаких других следов — от передних конечностей и хвоста — не было, прошедшие здесь животные могли быть только двуногими с коротким хвостом. На узких следовых дорожках, направленных с востока на запад, отпечатались стопы (длиной около 50–56 см, максимальной шириной 30 см) с пальцами. Угол шага приближался к 160°, а длина его составляла около 72–75 см.

Глубоко (на 3–5 см) вдавленные следы свидетельствуют о массивности животного, а небольшое превышение длины шага над длиной стопы — об очень медленном передвижении. Такое соотношение длин стопы и шага может говорить также об относительно небольшой длине ног макроподозавра [1].

Пальцы на отпечатках сближены, расходятся под небольшими углами (от 15 до 25°). Первый палец существенно короче остальных и несколько отстоит от них, второй и четвертый — почти одинакового размера, а третий лишь немного длиннее. На втором–четвертом пальцах хорошо различимы длинные узкие, слабо утолщенные у основания и слегка загнутые когти. На отпечатках первого пальца когти выражены слабее или совсем отсутствуют. Очевидно, что животное опиралось при ходьбе, особенно в момент толчка, преимущественно на второй–четвертый пальцы. Известно, что по степени вдавленности передней и задней частей стопы можно судить о скорости движения животного: чем она больше, тем глубже вдавливаются передняя часть стопы (или пальцев) и слабее — задняя; при быстром беге могут отпечатываться лишь кончики пальцев, максимально участвовавших в толчке. Таких



Правые стопы разных динозавров и медведя. Короткая широкая стопа сегнозавров *Erlikosaurus*, *Segnosaurus* и *Therizinosaurus* с большим первым пальцем, со слабо обособленной плюсной явно отличается от узкой стопы типичных теропод *Allosaurus* и *Coelophysis*, у которых первый палец редуцирован, а кости узкой плюсны срослись в цевку. Но стопы сегнозавров и манираптора *Deinonychus* похожи, что обусловлено родством этих групп динозавров. Бросающееся в глаза сходство пропорций и строения стоп тех же сегнозавров, прозавропода *Yaleosaurus* и медведя объясняется, скорее всего, функциональной причиной — их стопохождением. IV — четвертый палец. Использованы иллюстрации из нескольких литературных источников.



Реконструкции стоп двух сегнозавров, наложенные на прорисовку следа макроподозавра. Такое наложение — стандартная процедура сравнения, идентификации и отнесения следов к определенной группе наземных позвоночных. Среди всех динозавров только стопа сегнозавров хорошо вписывается в след макроподозавра, и детали их строения совпадают.

следовых дорожек, оставленных двуногими динозаврами, известно немало, причем по этим отпечаткам можно судить даже об изменении темпа движения. Передняя часть стопы макроподозавра — пальцы и когти — вдавлена в грунт лишь ненамного сильнее, чем задняя. Следовательно, этот динозавр ходил крайне медленно.

В целом характер следовых дорожек и особенно форма отпечатков задних конечностей макроподозавра больше всего похожи на следы сегнозавров (теризинозавров). Общие пропорции стопы (короткая плюсна, четыре сближенных, направленных вперед пальца с длинными, узкими, слегка расширенными и слабо загнутыми когтями) макроподозавра максимально отвечают строению стопы таких сегнозавров, как эрликозавр (*Erlikosaurus*) и теризинозавр (*Therizinosaurus*). Абсолютные размеры следа также соответствуют длине стопы сегнозавров. Реконструированный по следовым дорожкам внешний облик макроподозавра как двуногого, тяжеловесного динозавра с относительно короткими задними ногами и коротким же хвостом ближе всего к «внешности» сегнозавров. Однако более точно отнести этого динозавра к какому-то из известных таксонов данной группы пока невозможно.

Кто как ходил

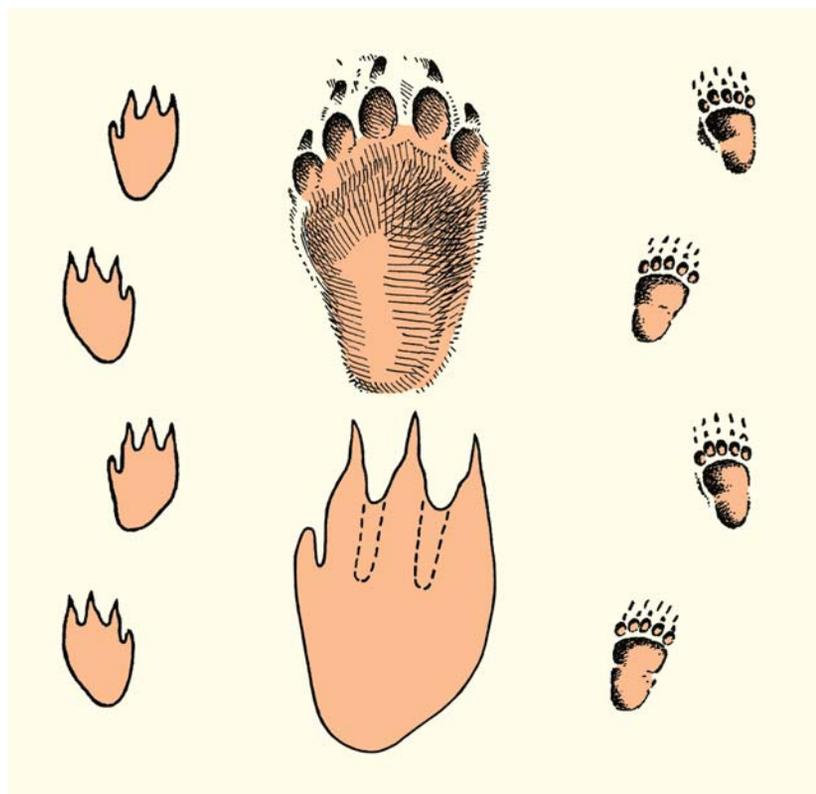
Из совершенно необычной для динозавров особенности следов макроподозавра — отпечатка всей стопы — напрашивается вывод, что он был стопоходящим животным. Во время наших полевых работ 1987 г. местные геологи очень метко шутили по поводу следовой дорожки: «будто огромный медведь здесь прошел, но откуда в мезозое медведи?». Стопохождение макроподозавра отмечал еще Захаров [1]. А.К.Рожественский и Л.И.Хозацкий соглашались

с этим, но отрицали принадлежность макроподозавра к динозаврам именно из-за такого способа передвижения [4]. М.Р.Джалилов и В.П.Новиков считали *Macropodosaurus* пальцеходящим [5]. Однако только что приведенное описание отпечатков его стопы подтверждает не их мнение, а выводы Захарова. Только передняя часть следа макроподозавра представляет собой отпечатки сближенных пальцев, на которых хорошо видны подушечки фаланг, а задняя часть, четко отделенная от основания пальцев, — это отпечаток короткого и широкого метатарсального отдела. Из сходства формы стоп макроподозавра и других сегнозавров вытекает и одинаковый — на всей стопе — способ передвижения этих динозавров. Судя по форме стоп и следов сегнозав-

ров, кости их плюсны были столь слабо слиты, а сама она так незначительно обособлена от других отделов задних конечностей, что вряд ли эти животные были способны ходить на пальцах.

Находки стопоходящих динозавров не единичны. Их следы обнаружены в верхнеюрских отложениях Северной Америки, но пока еще не описаны. В верхнеюрском местонахождении Ходжапиль-Ата (Туркмения) тоже есть сходные удлиненные четырехпалые следы со сближенными отпечатками пальцев, определенные мной как сегнозавровые.

Передвижением на всей стопе двуногие крупные сегнозавры отличались от других двуногих динозавров. Вообще переход динозавров к двуногости связан со многими морфологическими

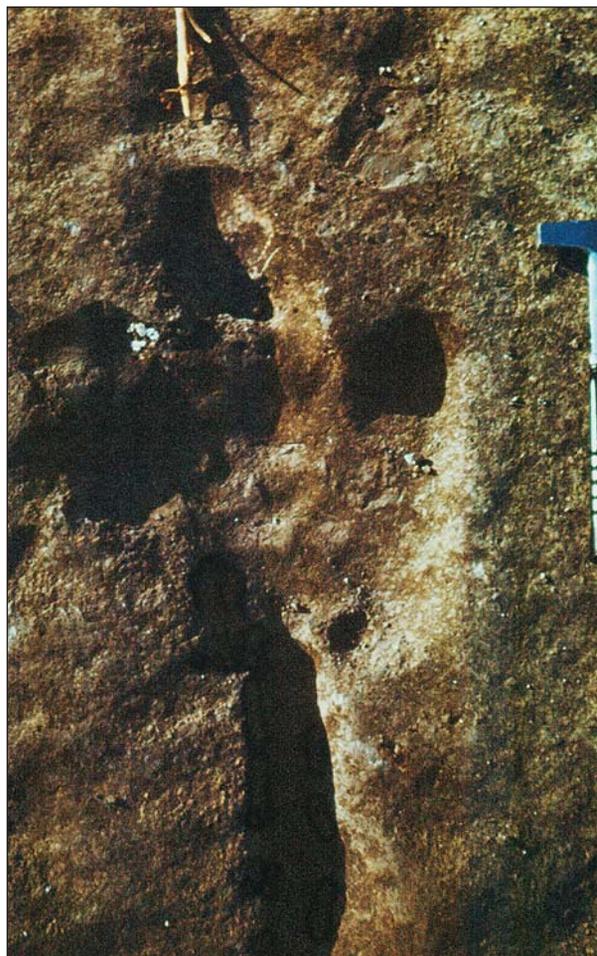


Следовые дорожки и следы макроподозавра (слева и в середине внизу) и медведя (по Захарову С.А., 1964 и Формозову А.Н., 1989).

Неожиданное сходство дорожек и отпечатков стоп столь разных животных связано, вероятно, с их крупными размерами, относительно медленным передвижением и стопохождением.

Следовая дорожка и отпечатки задней конечности (на фотографии внизу справа виден отпечатавшийся метатарсальный отдел) крупного хищного динозавра *Chodjapilesaurus* (*Megalosauropus*). Верхнеюрское местонахождение Ходжапиль-Ата, Туркмения. На дорожке следы отпечатались при нормальном ритме движения пальцеходящего животного. Отдельные следы, на которых видны отпечатки цевки и глубоко вдавленных трех когтистых пальцев стопы, оставлены этим хищным динозавром, вероятно, в момент остановки, когда он присел на цевку, согнул и поджал пальцы, при этом когти сильно вонзились в грунт.

Фото автора



изменениями, например с удлинением конечностей, обособлением третьего, метатарсального отдела задних конечностей (которое завершилось образованием цевки) и развитием пальцехождения (даже фалангохождения при быстром беге грацильных форм). Проблема удержания равновесия, балансирования на небольшой площади опоры, в том числе при движении, «решилась» за счет преобразования и развития мощной тазобедренной мускулатуры. Центр тяжести тела сместился к тазовому поясу и задним конечностям. Длинный хвост стал служить противовесом, уравнивающим переднюю часть тела с тяжелой головой, и балансиром, особенно во время быстрого движения.

Многие группы динозавров, сошедшие с пути хищнической специализации и ставшие всеядными или растительноядными, при увеличении размеров и массы тела и переходе к более медленному режиму движения вернулись к опоре на передние и задние конечности, т.е. к четвероногости (факультативной или облигатной). Но сегнозавры, очевидно, встали на путь развития особого типа медленного облигатно двуногого передвижения, так как возврат к четвероногости и опора на передние лапы из-за шкивного сустава между кистью и предплечьем и огромных когтей стали для них невозможны. Кроме того, массивная передняя часть туловища сегнозавров с мощными передними лапами и длинной шеей явно не уравновешивалась коротким хвостом, так что положение тела у них должно было стать более вертикальным, чем у других двуногих динозавров. С этими особенностями строения и двуногой локомоции сегнозавров, вероятно, был связан и возврат к стопохождению, увеличившему площадь опоры, и своеобразное строение их тазобедренного блока.

Уже давно известны динозавровые следы с отпечатками всей

стопы, включая цевку. Но они соответствуют иным режимам или фазам движения, чем у макроподозавра. Перед прыжком или во время отдыха некоторые динозавры, например тероподы, приседали на хорошо выраженную у них цевку, как это делают и современные птицы. Такие отпечатки стопы крупного хищного динозавра ходжапилезавра (*Chodjapilesaurus*) я встречал на верхнеюрском местонахождении Ходжапиле-Ата в Туркмении. На следовых дорожках *Anotoepus* — мелкого поздне триасового прозавропода — хорошо видно, как этот двуногий пальцеходящий динозавр во время остановки и отдыха опирался на передние лапы и садился на всю стопу, включая цевку [6].

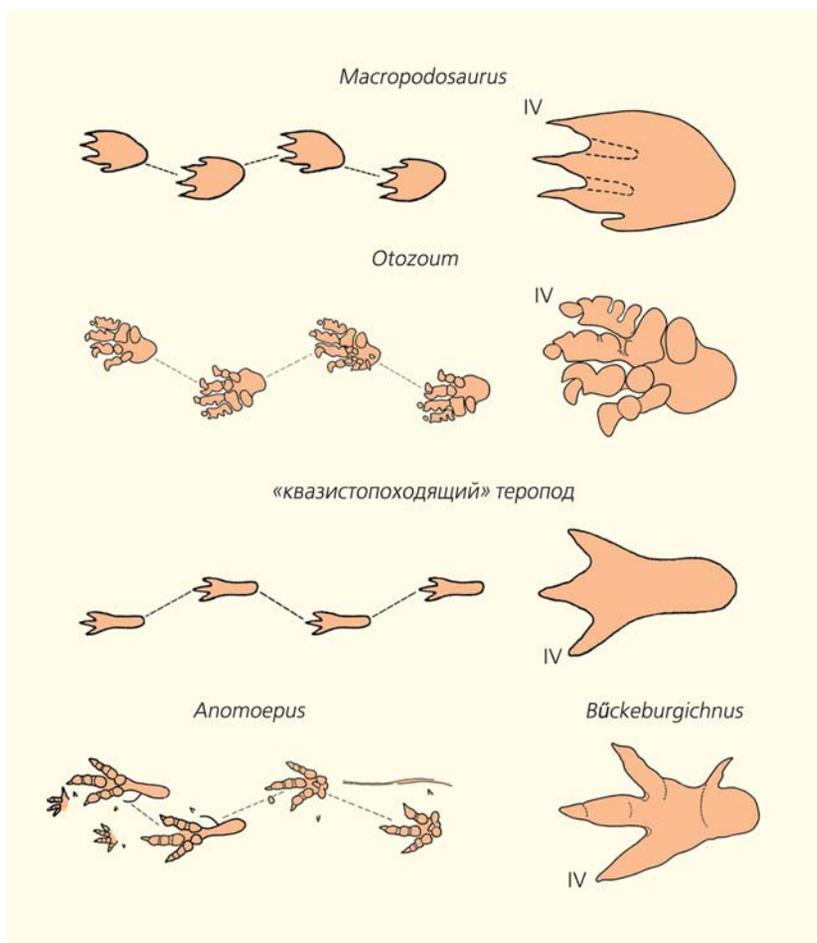
На следовых дорожках крупного поздне триасового прозавропода *Otozoum* видны следы задних, а иногда и передних конечностей [6]. Значит, этот динозавр передвигался то на двух, то на четырех ногах. В передней части следов задних конечностей этого прозавропода различимы глубоко вдавленные отпечатки пальцев, а в задней — неглубокий отпечаток короткого метатарсального отдела. Следовательно, этого прозавропода можно рассматривать как стопоходящего или почти стопоходящего [6]. Это согласуется с факультативной четвероногостью, массивностью и, вероятно, отнительно медленной локомоцией крупных прозавропод. Их стопа, весьма примитивная для динозавров, имела пять пальцев и короткие, не слитые в цевку кости плюсны. Следы отозоума и макроподозавра, пожалуй, несколько похожи, хотя и отличаются формой, размером, пропорциями и взаимным расположением отпечатков пальцев, когтей, метатарсального отдела. Основываясь на некотором сходстве следов и морфологии стопы прозавропод и сегнозавров, Л.А.Несов и Дж.С.Пауль полагали, что общий облик и образ жизни этих динозавров тоже были в определенной степе-

ни сходны [2, 7]. Видимо, обе эти группы близки к предковым формам динозавров, о чем свидетельствуют общие примитивные черты.

Среди строго двуногих динозавров до сих пор отмечен только один случай стопохождения [8]. Речь идет о нижнемеловых следовых дорожках, обнаруженных в Северной Америке. Правда, строение стопы животных, скорее всего теропод, было типичным для этих форм: на отпечатках видна узкая длинная цевка, четко отделенная от трех широко расставленных пальцев, т.е. все строение конечностей соответствует нормальному для хищных динозавров хождению на пальцах. Морфология в данном случае противоречит наблюдаемому функционированию конечностей, рядом есть следовые дорожки подобных же динозавров, но передвигавшихся на пальцах. Поэтому автор и говорит о «квазистопохождении», очевидно, факультативном и связанном с какими-то особыми, специфическими и редкими режимами локомоции [8]. Столь же странное передвижение птиц на всей стопе, включая цевку, наблюдали А.Н.Кузнецов у птенцов страуса в заповеднике Аскания-Нова и Ф.Я. Дзержинский у кайр на гнездовьях.

Несколько уклоняясь в сторону, небезынтересно отметить, что такие необычные удлиненные следы стоп динозавров время от времени фигурируют в сенсационных сообщениях журналистов о находках следов первобытных людей, живших якобы в мезозойскую эру [8].

Возвращаясь к сегнозаврам, следует подчеркнуть, что это, вероятно, единственная группа динозавров, перешедшая к облигатному стопохождению. Но такой способ передвижения, очевидно, не был для них исходным, первичным. Судя по полной редукции пятого пальца и частичной первой, а также по наибольшей длине третьего пальца (симметричная стопа), предки сегно-



Следовые дорожки и отпечатки конечностей разных динозавров. На дорожке следов мелкого прозавропода *Anomoepus* (верхний триас, США, по Haubold X., 1971) справа видны отпечатки только задних конечностей в фазе передвижения на пальцах, а слева — следы всех четырех ног, когда *Anomoepus* замедлял движение (или останавливался), а затем продолжал его, но опирался уже на всю стопу. Дорожка, оставленная «квазистопоходящим» тероподом (нижний мел, США; по Kuban G., 1989), состоит из следов от задних конечностей, причем отпечатавшийся метатарсальный отдел заметен и на следах дорожки, и на отдельном отпечатке (приведен справа). На дорожке крупного прозавропода *Otozoum* (верхний триас, США; по Haubold X., 1971) видны следы задних конечностей, как и на следовой дорожке *Macropodosaurus*. Внизу справа приведен отпечаток всей стопы, включая метатарсальный отдел, крупного теропода *Bueckburgichnus* (нижний мел, Германия, по Haubold X., 1971). Широкие и короткие следы макроподозавра резко отличаются от следов типичных теропод и мелких прозавропод: у первого остались вмятины от четырех сближенных пальцев и необособленной плюсны, у остальных — от трех широко расставленных пальцев и обособленной цевки. В то же время следы и дорожки макроподозавра и крупных прозавропод сходны (за исключением деталей морфологии). И различия, и сходства объясняются характером движения динозавров указанных групп. Для медлительных сегнозавров и крупных прозавропод стопхождение было обычным и даже постоянным. Мелкие прозавроподы и типичные тероподы передвигались быстрее и ходили на пальцах, опираясь на всю стопу лишь во время особых, редких режимов локомоции. IV — четвертый палец.

завров проходили стадию пальцехождения, хотя бы факультативного, а затем довольно быстро вернулись к вторичному стопоходу. Первично ходили на всей стопе самые древние архозавры — примитивные текодонты. Но уже с поздних, продвинутых текодонтов, например лагозухий (ныне их рассматривают в качестве наиболее вероятной предковой формы хищных динозавров), начался переход к пальцеходу, во всяком случае факультативному. Возврат сегнозавров к стопоходу при ряде черт специфической специализации говорит о том, что корни этой группы могут уходить к временам появления динозавров, т.е. не позже триаса. Тогда свойственный им уровень организации (включая пальцеходение) только что оформился.

Откуда мозаика признаков

Древнее — триасовое — происхождение сегнозавров принимается многими палеонтологами. Как ни парадоксально, именно эти стопоходящие динозавры приобрели птичьи признаки, в том числе оперение. А ведь диагностическими признаками динозавров и птиц считаются пальцеходение и дополнительный метатарсальный отдел в задних конечностях. Обычно полагают, что эти признаки, как и двуногость, характеризуют уровень организации, переходный от рептилий к птицам.

Самыми птицеподобными среди динозавров были манирапторы — другая группа динозавров, живших в одно время с сегнозаврами. Однако у тех и других есть черты, роднящие с птицами: своеобразное шкивное строение сустава между кистью и предплечьем, широкий опистопубический таз с направленной назад лобковой костью, сформированный пигостиль (сросшиеся последние хвостовые позвонки), наличие

перьев [9]. Это свидетельствует о том, что птичьи признаки появлялись независимо и параллельно в различных родственных группах динозавров. Вероятно, манирапторы и сегнозавры — ближайшие родственники. Их общие предки, очевидно, наиболее близкие к предкам птиц, обособились от филогенетического ствола динозавров на ранних стадиях развития этой высшей группы архозавров.

Первые, древние манирапторы, скорее всего, лазали по деревьям и, возможно, жили в лесу [10], а к меловому периоду спустились на землю. Сегнозавры если и проходили на ранних этапах своей эволюционной истории стадию лазающих форм, то весьма короткую, после чего возвратились к чисто наземному образу жизни. Исходя из сказанного, предков манирапторов, сегнозавров и птиц следует искать в триасе. Не исключено, что североамериканский поздне триасовый *Protoavis* [10], относительно систематического положения которого палеонтологи до сих пор не могут прийти к единому мнению, действительно близок к таким общим предковым формам.

На основании всего здесь описанного кажется наиболее вероятным, что в истории развития птиц их предки должны были проходить динозавровый уровень организации. Иными

словами, они сформировались и обособились от ранних динозавров сразу же после их возникновения, до приобретения различными группами этих рептилий специфической специализации. А направление развития, заложенное уже у общих прародителей динозавров и птиц, выразилось в мозаичном формировании в разных группах динозавров признаков, сходных с птичьими.

Сегнозавры и представляют собой пример подобной своеобразной группы, сочетая в себе некоторые черты птиц, типичные признаки теропод (двуногих хищных динозавров) и особенности специфической специализации. Сегнозавры — одни из многих странных существ, обитавших на Земле в геологическом прошлом. Еще полвека назад нельзя было даже вообразить таких удивительных динозавров, поэтому их изолированные когти, найденные в Монголии в 1948 г., Е.А.Малеев описал как остатки загадочного черепахообразного ящера, а не динозавра [11]. Позднее сегнозавров сравнивали с ленивцами (в первую очередь с гигантскими наземными ленивцами, подобными мегатерия), муравьедами, броненосцами или панголинами по форме когтевых фаланг и образу жизни [2, 12], а также с загадочными вымершими копытными — халикотериями [13].

Строением стопы, как говорилось, и, возможно, образом жизни эти своеобразные динозавры отдаленно напоминали медведей. Но также и ленивцев [2, 12], и муравьедов [12]. Очевидно, что близких экологических аналогов сегнозавров найти сегодня очень трудно. При современном уровне изученности можно уверенно утверждать лишь то, что их экологическая ниша была обусловлена крупными размерами, наземным образом жизни, особым типом медленного строго двуногого передвижения, связанного со стопохождением и невозможностью опоры на передние конечности, а также с переходом от хищничества ко всеядности.

И даже сегодня, после изучения палеонтологами множества новых находок, сегнозавр все же видится нам слишком смутно, детали его облика ускользают. До нас дошли лишь разрозненные окаменевшие кости и дорожки следов, оставленные в меловое время на илистом морском берегу. Этот диковинный динозавр, словно многометровый цыпленок с коротким хвостом, покрытый перьями, медленно бродил здесь, тяжело переступая по-медвежьему короткими задними ногами с большими когтистыми ступнями и широко растопырив чудовищной величины когти на мощных передних лапах. ■

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект 05-05-65146), Научной школой академика Л.П.Татарина (проект 1840.2003.4) и комплексной программой Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы (подпрограмма II)», а также Международной исследовательской программой Палеонтологического общества США — PalSIRP-Sepkoski grant: Project RG0-1337(3)-XX-11.

Литература

1. Захаров С.А. О сеноманском динозавре, следы которого обнаружены в долине р.Ширкент // Палеонтология Таджикистана / Ред. В.М.Рейман. Душанбе, 1964. С.31—35.
2. Несов Л.А. Динозавры Северной Евразии: новые данные о составе комплексов, экологии и палеобиогеографии. СПб., 1995.
3. Новиков В.П., Джалилов М.Р. Литологическая интерпретация местонахождений следов динозавров в Таджикистане // Следы жизнедеятельности и динамика среды в древних биотопах / Отв. ред. Т.Н.Богданова, Л.И.Хозацкий, А.А.Ищенко. Киев, 1988. С.45—57.
4. Рождественский А.К., Хозацкий Л.И. Поздне мезозойские наземные позвоночные Азиатской части СССР // Стратиграфия и палеонтология мезозойских и палеогеновых континентальных отложений азиатской части СССР. Л., 1967. С.82—92.

5. Джалилов М.Р., Новиков В.Л. Ископаемые следы динозавров на территории Таджикистана // Следы жизнедеятельности древних организмов / Отв. ред. О.С.Вялов, М.А.Федонкин. М., 1993. С.47—65.
6. Haubold H. Ichnia Amphibiorum et Reptiliorum Fossilium // Handbuch der Palaeoherpetologie. Stuttgart; N.Y., 1971. T.18.
7. Paul G.S. // J. Vertebr. Paleontol. 1984. V.4. №4. P.507—515.
8. Kuban G.J. Elongate dinosaur tracks // Dinosaur tracks and traces. Eds D.D.Gillette, M.G.Lockley. Cambridge; N.Y.; New Rochelle; Melbourn; Sydney, 1989. P.57—71.
9. Xu X., Cheng Y., Wang X., Chang Ch. // Acta Geologica Sinica. 2003. V.77. №3. P.294—298.
10. Chatterjee S. // Palaeontographica. Abt.A. 1999. Bd.254. Lf.1—3. P.1—100.
11. Малеев Е.А. Новый черепахообразный ящер в Монголии // Природа. 1954. №3. С.106—108.
12. Рождественский А.К. // Палеонтол. журн. 1970. №1. С.131—141.
13. Russell D.A. Therizinosauria // Encyclopedia of dinosaurs. Eds Ph.J.Currie, K.Padian. San Diego; L.; Boston; N.Y.; Sydney; Tokyo; Toronto, 1997. P.729—730.

Полный 18-метровый скелет *Basilosaurus isis* — предка кита, впервые открытого еще в 1905 г., — обнаружен недавно в пустыне Сахара, в Долине китов (Египет). Ранее эта местность была дном древнего моря, здесь уже неоднократно встречались окаменелые остатки морских животных. Находку (ее возраст около 40 млн лет) собираются отправить для исследований в Мичиганский университет (США). Кроме прекрасной сохранности, скелет интересен тем, что у него есть крошечные конечности. В дальнейшем эту палеонтологическую ценность вернут Египту.

Sciences et Avenir. 2005. №700. P.42 (Франция).

Специалисты европейской программы «Scout-O₃» пришли к заключению, что причиной значительного истощения озонового слоя над Арктическим бассейном (до 40% на высоте 19 км) стали аномально низкие температуры в декабре 2004-го — январе 2005 г. Из-за сильного мороза в стратосфере сформировалось рекордно большое количество перламутровых облаков, которые содержат соединения хлора и брома,

разрушающие О₃. Тем не менее прогноз уменьшения озонового слоя за десятилетие остается прежним — 3%. В умеренных широтах это означает усиление вредного для здоровья людей ультрафиолетового излучения на 0.5—7.5%.

Science et Vie. 2005. №1052. P.37 (Франция).

В Корее недавно открыт новый вид земноводных — *Karsenia koreana*. Он принадлежит к семейству безлегочных саламандр (Plethodontidae), широко распространенных в Северной и Центральной Америке, а также в Италии. В Азии же представители этого семейства ранее известны не были. Специалисты полагают, что 60—100 млн лет назад безлегочные саламандры обитали в Америке, Европе и Азии, но затем из-за похолодания климата во многих частях ареала исчезли. Обнаруженные амфибии (их длина около 40 см) откладывают яйца, ведут ночной образ жизни и всю свою жизнь проводят на суше; им необходим влажный климат с обильными дождями.

Sciences et Avenir. 2005. №700. P.28 (Франция).

Цапля-агами (*Agamia agami*), обитатель Центральной и Южной Америки, еще совсем недавно была мало изучена орнитологами, поскольку птицы этого немногочисленного вида весьма скрытны. В мае 2002 г. специалисты Научно-исследовательского института развития (Франция) обнаружили в болотах Гайяны очень крупную (не менее 900 гнезд) колонию агами. Ведя за ней постоянные наблюдения, орнитологи узнают много нового о биологии и экологии вида, особенно о критериях выбора гнездового участка. Предполагается, что эти сведения помогут разработать меры по защите агами.

Terre Sauvage. 2005. №207. P.50 (Франция).

Вырубка лесов в масштабах планеты вызывает серьезную тревогу: согласно докладу ООН, ее темп достигает уже 9.4 млн га в год. Наиболее интенсивно заготовка древесины идет в тропических районах, где ее продажа дает средства к существованию 1.6 млрд человек.

Terre Sauvage. 2005. №207. P.56 (Франция).

Корейско

Дербинский археологический район: позднепалеолитические охотники Восточного Саяна

С.А.Лаухин,

*доктор геолого-минералогических наук
Институт проблем освоения Севера СО РАН
Тюмень*

И.В.Стасюк

Красноярский государственный педагогический университет

Из истории открытия

Обнаружение новой палеолитической стоянки — всегда событие. Открытие же нового археологического района, включающего десятки палеолитических памятников, — событие в высшей степени выдающееся.

На Енисее в конце XIX в. был открыт и до сих пор изучается Красноярский археологический район. В 20-е годы XX в. открыты многие стоянки Кокоревско-Новоселовского археологического района, монографически изученного позже [1, 2], а ныне затопленного Красноярским водохранилищем. В самом же конце XX в., с интервалом в 5—10 лет, открыто сразу три археологических района: Майнский (1983), Куртакский (1988) — на левобережье Енисея в Северо-Минусинской котловине и Дербинский (1993) — на правом берегу Енисея в юго-западной части Восточного Саяна, почти посередине между Красноярским и Куртакским районами (рис.1). Последнее открытие стало возможным только благодаря созданию рукотворного моря —

Красноярского водохранилища и переработке им за 20—30 лет огромной массы береговых отложений (рис.2—6). После перемыва многих тысяч кубометров рыхлых пород образовались — сначала в Куртакском, а затем и в Дербинском районах — большие обнажения плейстоцена (рис.5), а на пляжах водохранилища остались десятки тысяч артефактов эпохи палеолита (обычно это орудия или отходы их производства) и обильные скопления костей мамонтовой фауны. Эти находки и дали направление поискам новых палеолитических памятников.

Если открытие Куртакского археологического района было вполне ожидаемым (еще в 1974—1975 гг. Н.Ф.Лисицин обнаружил там палеолитические памятники Куртак III, а в 1985 г. — Куртак IV), то в Дербинском районе до 1993 г. местонахождений палеолита известно не было. Правда, местные охотники и рыбаки рассказывали о находках костей мамонта на пляжах Дербинского залива, а М.Ю.Тихомиров — врач, художник и краевед из Дивногорска — привез оттуда красивые позднепалеолитические бифа-

сы (т.е. двусторонне обработанные каменные орудия). Это послужило сигналом к посещению в 1993 г. залива сотрудниками Красноярского государственного педагогического университета (КГПУ) Е.В.Акимовой, В.П.Чеха и Н.Г.Усаниной. Тогда-то они и обнаружили первые археологические памятники, а в 1996 г. Е.В.Акимова, И.В.Стасюк, Е.А.Томилова и М.Ю.Тихомиров провели разведку на правом берегу этого залива — так был открыт новый, Дербинский, археологический район.

В 1998 г. началось его стационарное археологическое изучение, а с 2000 г. — еще и комплексное: геологическое, геоморфологическое, палеонтологическое и палеогеографическое [3]. В исследованиях, кроме авторов данной статьи, участвуют сотрудники Красноярского краеведческого музея и палеонтологи из Белоруссии. Результаты исследований регулярно публикуются в ежегоднике Института археологии и этнографии СО РАН «Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий», а эпизодически — в других узкоспециальных изданиях [3—5].

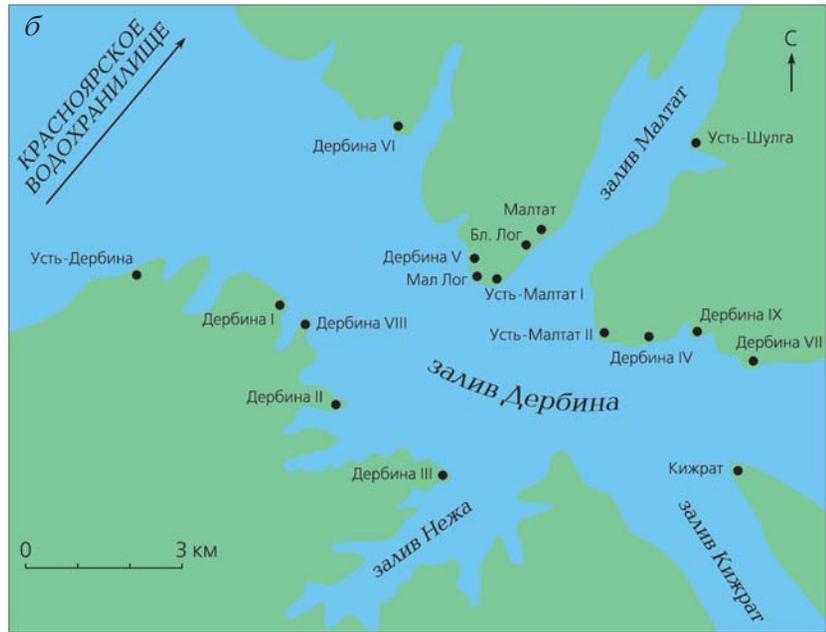
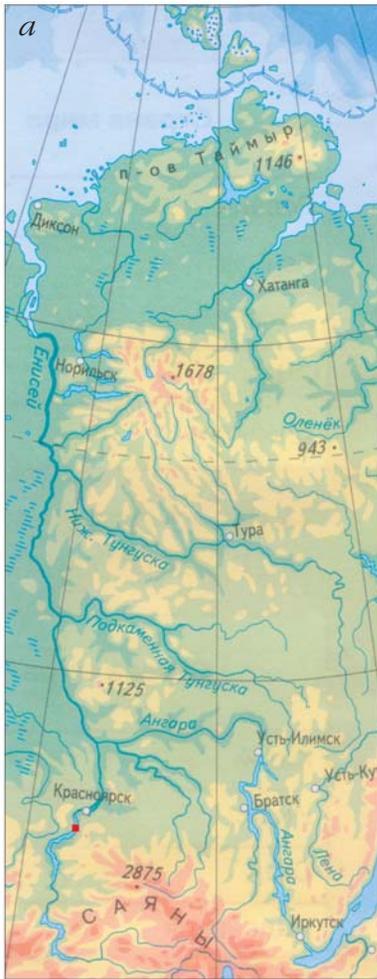


Рис. 1. Расположение Дербинского археологического района (красный квадрат) в Приенисейской Сибири (а) и основных палеолитических стоянок в этом районе (б).

Об археологии района

Палеолитические местонахождения Дербинского района, сосредоточенные на склонах низких водоразделов, в основном разрушены в процессе переработки берегов водами водохранилища. Массовый археологический и фаунистический материал концентрируется на пляжах. Кроме того, обнаружено более 20 памятников позднего палеолита с сохранившимся культурным слоем, преимущественно экспонированным на пляже, реже — в береговых обнажениях (см. рис.1). В разрезах и раскопах представлена *in situ* фауна млекопитающих, моллюсков (малакофауна) и немногочисленные артефакты. Очевидна приуроченность памятников к ископаемым логам,

с современным рельефом их связь не обнаружена.

Среди многочисленных остатков плейстоценовой фауны млекопитающих, собранных главным образом на пляжах, определены: лошадь, бизон, мамонт, шерстистый носорог, кулан, снежный баран, марал, лось, бык, эпизодически встречаются хищники — волк, пещерные лев и гиена. Смешанный состав фауны (т.е. лесные формы вместе с представителями открытых ландшафтов) обусловлен не только механическим перемещением костей на пляжах, но и действительным природным разнообразием, отличавшим время обитания палеолитических людей на стоянках этого района. Сырьем для орудий служили им галечники Енисея, а также галечники и скальные выходы в бассейне р.Дербина.

Все археологические памятники относятся к двум стадиям позднего палеолита: ранней (около 30 тыс. лет назад) и поздней (около 13—12 тыс. лет назад). Значительно преобладает первая группа: Дербина II, IV, V,

VI и VII, Покровка I и II, Усть-Малгат I и II и др. Ко второй группе относятся: Ближний лог, Малгат, Кижарт, Конжул и др.

Вся ранняя группа памятников приурочена к выходам тонкослоистого гумусированного педоседимента. (Так называют отложения, сформировавшиеся за счет близкого перемещения продуктов разрушения более древней почвы. Различия в возрасте почвы и педоседимента могут быть большими или меньшими, но всегда педоседимент моложе почвы, за счет которой он образовался.) Этот педоседимент назван дербинским. Обычно артефакты находят на пляже около его выходов в береговых обрывах. В самих обрывах собраны лишь единичные артефакты из дербинского педоседимента.

Стоянок с ненарушенным культурным слоем мы не обнаружили, но заметили, что иногда каменные орудия встречаются вместе с крупными скоплениями древесных угольков. Характер залегания тех и других свидетельствует, что остатки



Рис.2. Общий вид Дербинского залива Красноярского водохранилища.

Здесь и далее фото И.В.Стасюка



Рис.3. Левый берег залива Малтат. Здесь к скальным выходам девона прислонены нижнеплейстоценовые отложения.



Рис.4. Береговое обнажение в местонахождении позднего палеолита Конжул.



Рис.5. Так выглядят обнажения верхнего плейстоцена в береговых обрывах (левый берег залива Малтат).



Рис.6. Галечники высокой террасы Енисея, размытой Красноярским водохранилищем. Хорошо видны береговые уступы, фиксирующие различные уровни водохранилища. На опушке леса находится позднепалеолитический памятник Волчиха.

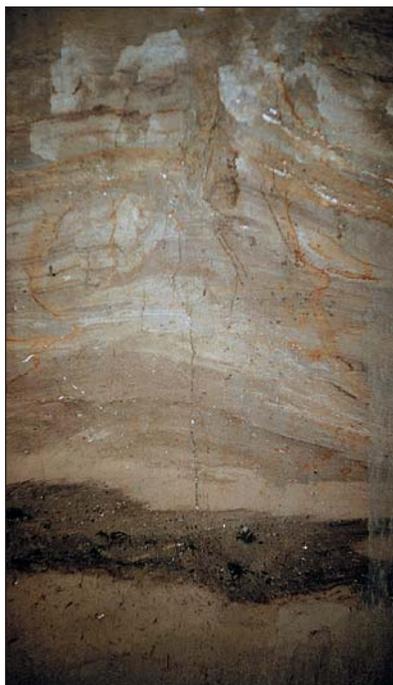


Рис.7. Дербинский педоседимент в береговом обрыве около позднепалеолитического памятника Дербина V. В самом низу педоседимента залегает линза древесных угольков, по которым получена радиоуглеродная дата около 32 тыс. лет.

кострищ смещены по склону на незначительные расстояния. Вместе с угольками перемещались каменные орудия и кости животных, ставших добычей охотников. Из скопления углей, залежавших в обнажении берегового обрыва на памятнике

Дербина V, были получены радиоуглеродные (по ^{14}C) даты — около 32—29 тыс. лет. Там же встречены и единичные артефакты. Раскоп Дербина V сделан на пляже рядом с обнажением, где найдена упомянутая линза углей (рис.7). Тонкосло-

истый гумусированный педоседимент ярко выделяется во всех обнажениях Дербинского района под неслоистыми лессовидными отложениями. Он же вскрыт раскопами на пляже под современными пляжными отложениями.

Остановимся кратко на обнаруженных каменных орудиях и технике их изготовления. У артефактов, отнесенных к ранней стадии позднего палеолита (рис.8), сохраняются элементы леваллуазской техники, применявшейся при первичном расщеплении камня. По многим нуклеусам прослежено зарождение торцовой техники расщепления камня; отмечены и разные варианты микрорасщепления — «копытовидные», «пирамидальные» и т.д., что свидетельствует о поисках древними обитателями этого района оптимального технического варианта. Устойчиво сочетаются двусторонне обработанные орудия и орудия на пластинах, выполненные в технике краевой ретуши. Преобладают концевые скребки на пластинах и остроконечники. Практически отсутствуют резцы, единичны проколки. В этой ранней группе палеолитических памятников намечается выделение двух-трех хронологических вариантов.

Артефакты, отнесенные к финальнопалеолитической группе, залегают стратиграфически значительно выше дербинского педоседимента, они приурочены к верхней части лессовидной толщи разреза. На памятнике Конжул обнаружен участок с неповрежденным культурным слоем, а в нем — очаг диаметром 40 см и глубиной до 20 см. Западнее очага располагался заслон из костей мамонта и северного оленя. Для комплекса каменных орудий этой группы характерны резцы, микроскребки, клиновидные и призматические микронуклеусы (рис.9). В финальном палеолите Дербинского района выявляются два направления развития: с клиновидными нуклеусами и с призматическими микронуклеусами. Однако в датировании этой поздней группы памятников (как, впрочем, и ранней) возникли проблемы. Обсудим некоторые из них.

Прежде всего вызвало удивление столь «густое заселение» в начале позднего палеолита

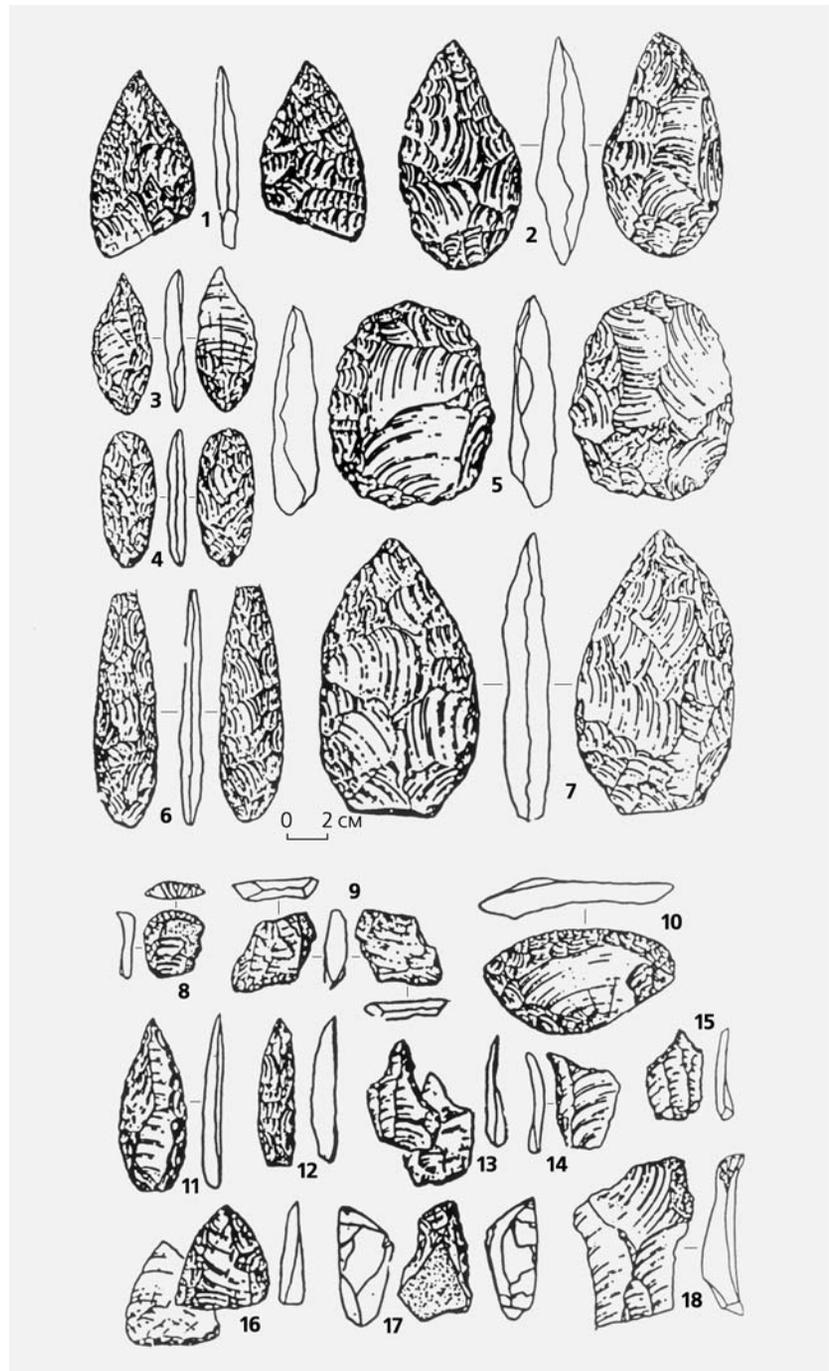


Рис.8. Каменные орудия ранней стадии позднего палеолита (памятник Дербина V): 1–7 — бифасы, 8 — скребок, 9 — долотовидное орудие, 10 — скребло, 11–16 — острия, 17–18 — острия-скребки.

высоких уровней рельефа. Обычно палеолитические охотники селились по берегам рек, ближе к воде и к водопоям животных. Так располагались многие стоянки позднего палеолита

в Кокоревско-Новоселовском, Красноярском районах, в широтном течении Ангары и на других сибирских реках [6]. В Дербинском же районе все находки обнаружены на 70–80 м

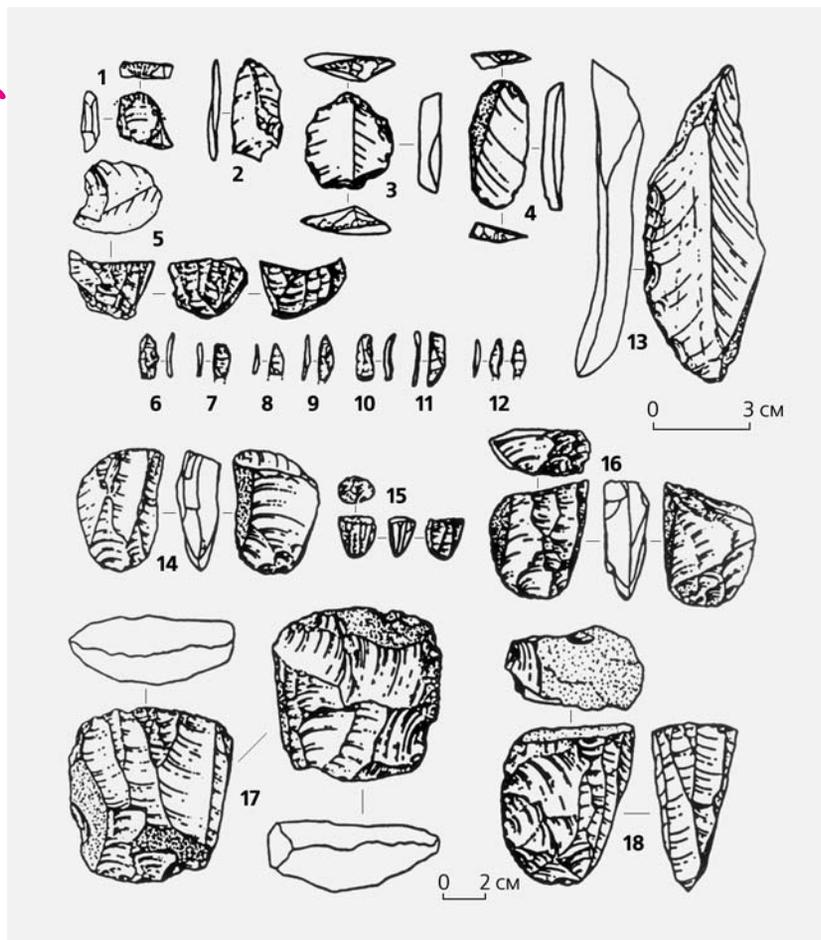


Рис.9. Артефакты финальной стадии позднего палеолита с памятников Ближний лог (1–13) и Малтат (14–18): 1, 3, 4 – скребки с двумя противоположными гранями; 2 – провертка с широким тупым жалцем; 5 – микронуклеус (?); 6–12 – микропластины с ретушью по краю; 13 – пластина с грубой ударной ретушью по краю; 14, 16, 18 – торцовые одноплощадочные монофронтальные нуклеусы; 15 – призматический микронуклеус; 17 – заготовка клиновидного нуклеуса.

выше уровня Енисея и его притока Дербины того времени; все они приурочены к пологим склонам в низкоромье (300–400 м) Восточного Саяна. Если памятники финального палеолита позволяют говорить о достаточно густой заселенности этой части Приенисейской Сибири к концу плейстоцена, что и заставило людей осваивать высокие уровни рельефа, то относительно раннего палеолита этого утверждать нельзя, так как памятники средних этапов палеолита на таких высотах в Дер-

бинском районе неизвестны, да к тому же плотность населения 30 тыс. лет назад была наверняка меньше, чем в самом конце плейстоцена. Конечно, мы видим только тот уровень рельефа, покровная толща на котором вскрыта водохранилищем. Неизвестно, что бы мы увидели на тех же склонах, но на 40–50 м выше пляжей. Полагать, что значительная часть находок ранней группы артефактов сползла с более высоких частей склонов, нельзя по ряду причин: они залегают бо-

лее или менее компактными группами, что невозможно при существенном перемещении по склону; древесные угольки, как известно, при сползании вниз рассеиваются и быстро разрушаются, а компактные их скопления возможны лишь при небольшом смещении от древних кострищ; на это указывает обнаружение совместно с артефактами костей млекопитающих, залежавших в анатомическом порядке, а также находки орудий вместе с отходами их производства и т.д.

Геология палеолита Дербинского района

Чтобы прояснить условия обитания палеолитических людей в Дербинском районе, нужны были геологические данные. А их было недостаточно. Надо отметить, что в период проведения государственного геологического картирования здесь просто не было обнажений плейстоцена и потому он не изучался. По той же причине не проводились и работы по четвертичной геологии. При изысканиях в зоне строительства Красноярского водохранилища на ее Дербинском участке были сделаны лишь весьма схематичные геоморфологические наблюдения; более детальные исследования производились севернее, в районе плотины, и южнее, в Куртакском районе, где широко развиты мощные плейстоценовые толщи. Археологи, изучавшие здешние памятники в 1998–1999 гг., дали первые описания строения плейстоценового разреза, которые легли в основу дальнейшего изучения четвертичной геологии Дербинского района. Исследования 2000–2004 гг. показали, что плейстоценовые обнажения вскрывают здесь покровную толщу, которая имеет преимущественно делювиальное происхождение и позднеплейстоценовый возраст. Строение верхнего плейстоце-

на разнообразно, но практически везде в пределах района выделяются 12 слоев. В разных обнажениях некоторые из слоев могут выпадать или, наоборот, делиться на несколько, однако в том или ином виде все 12 слоев прослеживаются по обоим берегам Дербинского залива. Наиболее полно они изучены в опорном разрезе Дербина V (в сокращенном виде соотношение слоев представлено на рис.10).

На левом берегу залива Малтат обнажаются все 12 слоев; там, у скальных выходов девона, четвертичные отложения приподняты, а в их основании над пляжем водохранилища вскрываются даже нижнеплейстоценовые слои [7]. Поскольку залегание верхнего плейстоцена здесь более сложное, опорным все-таки признан разрез Дербины V [8].

Наиболее выдержаны во всем районе слои 3–7: два слоя (3 и 5) серых лессовидных суглинков, два слоя (4 и 6) плотных

красновато-серых суглинков и слой 7 — дербинский педоседимент. Слои 8 и 9 представляют собой погребенную почву, названную покровской. Она относится к этапу повсеместного размыва коры выветривания девонских красноцветов, поэтому с покровской почвой везде связаны красновато-бурые и лилово-серые суглинки. Слой 11 назван усть-малтатской почвой, хотя в опорном разрезе она несет следы перемещения и сходна с педоседиментом. К почвенным образованиям, кроме трех названных, некоторые исследователи [6] относят на юге Сибири слои, подобные слоям 4 и 6.

Вообще-то ископаемые почвы в Дербинском районе наименее изучены в геологическом отношении. С самого начала работ ощущалась необходимость включения в исследовательский коллектив палеопочвоведа. Необходимость эта становится все острее, но в последние 15–20 лет российская наука слабо прирастала новыми специали-

тами, а старые испытывали интенсивную убыль. Можно добавить и другие объективные причины: крайняя скудость финансирования, а в связи с этим невозможность поддерживать аналитическую базу, проводить полевые работы и т.д. К сожалению, в современных условиях пока не удалось привлечь к изучению Дербинского археологического района такого дефицитного специалиста, как палеопочвовед, однако мы не теряем надежды.

Так или иначе, но на сегодня мы имеем три (а возможно, пять) опорных горизонта, которые представлены следующими почвенными образованиями: усть-малтатская почва казанцевского возраста (предполагается по находкам малакофауны); покровская почва, отнесенная к зырянскому межстадиалу (по стратиграфическому положению и другим признакам); дербинский педоседимент — его возраст 32–29 тыс. лет соответствует конощельскому похоло-

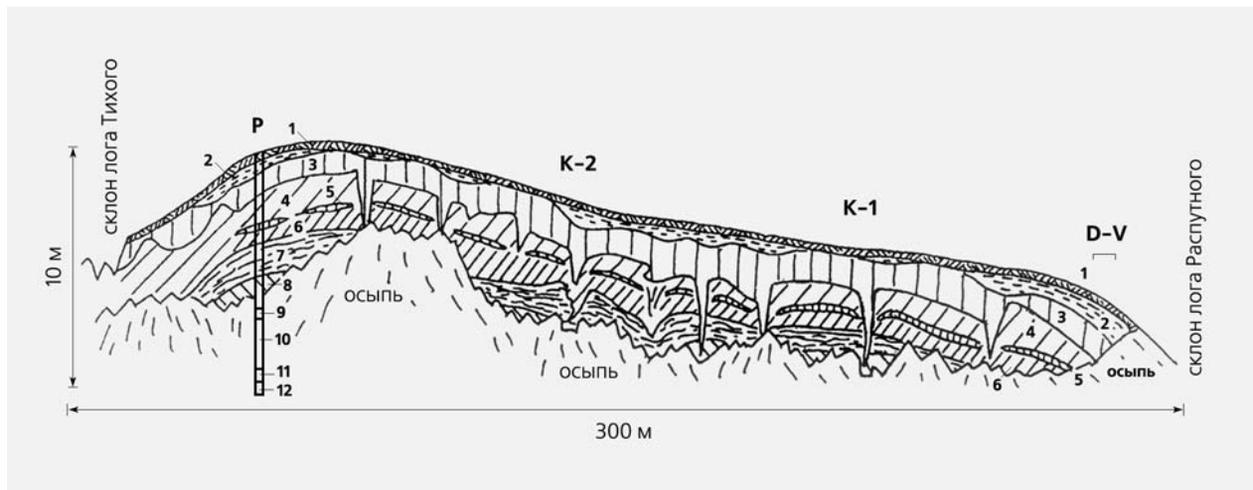


Рис.10. Схема геологического разреза Дербина V. Цифрами показаны номера слоев: 1 — гумусовый горизонт современной почвы; 2 — суглинок буровато-серый, внизу до серого; 3 — суглинок палево-серый до пепельно-серого, лессовидный; 4 — суглинок серый, с красноватым оттенком, лессовидный; 5 — суглинок серый, при высыхании до пепельно-серого, лессовидный; 6 — суглинок серый с красновато-бурым оттенком, плотный, лессовидный; 7 — переслаивание серых гумусированных суглинков; 8 — суглинок красновато-бурый, плотный, лессовидный; 9 — суглинок буровато-серый гумусированный; 10 — суглинок серый массивный неслоистый; 11 — переслаивание бурых, черных и серых суглинков, в разной мере гумусированных; 12 — глина белесо-бежевая неслоистая. P — основная расчистка в береговом обрыве; D-V — местоположение археологического раскопа на пляже водохранилища (здесь получена радиоуглеродная дата около 32 тыс. лет и сделаны траншеи и шурфы, показавшие, что дербинский педоседимент не вскрывается в раскопе на пляже; K-1 и K-2 — наиболее полно изученные псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам (см. [8]).



Рис.11. Обнажение на левом берегу залива Малтат. Нижняя часть псевдоморфозы по ледяной жиле, заполненная лессовидными суглинками слоя 3 и нижележащими породами. В самом низу эта псевдоморфоза разрывает покровскую погребенную почву. Строение псевдоморфозы изучала В.А.Волгина (Институт криосферы Земли СО РАН).

Фото С.А.Лаухина

Вести из экспедиций

данию каргинского времени. Аналоги дербинского педоседимента широко развиты на юге Сибири — это почвенные комплексы искутимский на юге Западной Сибири, осиновский в Прибайкалье, куртакский в Северо-Минусинской котловине, ископаемая почва Усть-Ковы в Северном Приангарье и т.д. Везде эти почвенные образования, как и дербинский педоседимент, несут следы солифлюкционных смятий и содержат псевдоморфозы по ледяным и/или грунтово-ледяным жилам. С криогенными структурами связаны еще три опорных горизонта. Верхний, наиболее эффективный, представлен псевдоморфозами по полигонально-жильным льдам (рис.11); он отнесен к максимуму последнего (сартанского) оледенения Сибири. Средний горизонт — это дербинский педоседимент, а нижний — солифлюкционные образования в слое 11 (усть-малтатская почва). Кроме того, в верхней части покровской почвы наблюдаются обычно связанные с криогенезом шпировые текс-

туры, а единичные псевдоморфозы по ледяным (грунтово-ледяным?) жилам полностью прорывают эту почву.

Так выглядит разрез покровной толщи позднего плейстоцена в береговых обрывах над пляжем. Она залегает на склонах и вскрывается как в вертикальном (в береговых обнажениях), так и в субгоризонтальном (на пляжах) срезе. Вот почему, проецируя дербинский педоседимент от берегового обрыва на пляж, мы закладывали раскопы в тех расслоенных гумусированных отложениях, к которым тяготели скопления артефактов ранних стадий палеолита.

Что же дали геологические исследования для понимания той природной обстановки, в которой обитали древние люди на ранних стадиях позднего палеолита? Во-первых, заключаем мы, резкое похолодание в конощельское время — по сравнению с предшествовавшими более теплыми условиями середины каргинского времени — заставило палеолитического чело-

века расширить свои охотничьи угодья, и он их расширил за счет высоких уровней рельефа. Во-вторых, обнаруженные солифлюкционные смятия и другие следы палеокриогенеза указывают на существование здесь в конощельское время сплошной многолетней мерзлоты, которая смыкалась с деятельным слоем (слой ежегодного промерзания и протаивания). Такая мерзлота в настоящее время развита только в высокогорье Восточного Саяна, расположенном выше 1900 м и значительно восточнее. В Дербинском же районе сейчас на многие десятки километров от Енисея нет даже редкоостровной мерзлоты — здесь распространена южная тайга, а на левобережье Енисея, напротив Дербинского района, — развиты лесостепи. В конощельское время летом в ископаемых логах, с которыми связаны памятники палеолита, сезонное таяние мерзлоты создавало небольшие, но постоянные водотоки, достаточные как для охотников, так и для животных, на которых они охотились. Ландшафты, судя по фауне, были весьма разнообразны: тундровые, лесотундровые, а по долинам рек и оврагов — лесные.

Однако расширение охотничьих угодий только за счет высоких уровней долин оказалось недостаточным. И когда в то же самое конощельское время ландшафтно-климатические условия в Южно-горном поясе Сибири сравнялись с условиями на Средне-Сибирском плоскогорье, люди, уже использовав местные жизненные пространства, двинулись на северо-восток от Дербинского района. А несколько позже, в средние этапы позднего палеолита, сложилась благоприятная обстановка для расселения людей и на просторах Западно-Сибирской равнины [10], до тех пор незаселенных. Поэтому в Дербинском районе у людей отпала необходимость перебираться на более высокие уровни рельефа. Новое освоение этих уровней прои-

зошло уже в самом конце палеолита, когда заселение всей Сибири стало достаточно плотным. Однако о природных условиях конца плейстоцена написано достаточно много, и нет нужды останавливаться на обсуждении данного этапа.

Новые направления исследований

Новые открытия рожают новые проблемы. Первое отклонение от изложенной выше схемы было обнаружено в раскопе Дербина V, сделанном на пляже еще в 2001 г. Там, выше слоистых гумусированных суглинков педоседимента, уже в неслоистых суглинках, были обнаружены артефакты дербинского педоседимента. Там же найдены не только кости млекопитающих, залегавшие в анатомическом порядке, но и другие признаки, указывающие на отсутствие сравнительно интенсивного перемещения осадочных пород, которое характерно для формирования педоседимента. Тогда казалось, что исчезновение вверх по разрезу таких признаков объясняется изменением характера осадконакопления [9]. Этот процесс нельзя отрицать и теперь. Но появились новые факты, противоречащие общей схеме. В раскопе Дербина V на пляже, практически напротив обнажения в береговом обрыве, где отмечены отдельные артефакты возрастом около 32–29 тыс. лет, была получена дата около 20 тыс. лет из культуросодержащего слоя, отнесенного в соответствии с вышеизложенной схемой к дербинскому педоседименту. Такая же дата получена из культуросодержащего слоя (тоже педоседимента) и в местонахождении Дербина IV (рис.12). Это противоречило как возрасту дербинского педоседимента в его опорном разрезе (Дербина V), так и характеру артефактов, типологически относимых к ранним (а не средним) стадиям позднего палеолита.



Рис. 12. Разборка культурного слоя в раскопе позднепалеолитического памятника Дербина IV.

Для выяснения причин несоответствия типологии артефактов возрасту вмещающих отложений, а также возраста культуросодержащих слоев в Дербине IV и в раскопе Дербина V возрасту дербинского педоседимента в береговом обрыве, нами летом 2005 г. была сделана серия траншей и шурфов на пляже от берегового обрыва, где дербинский педоседимент содержит единичные артефакты с датами 32–29 тыс. лет, до раскопа Дербина

V на пляже, где культуросодержащий слой имеет дату около 20 тыс. лет. Вскрыв не только дербинский педоседимент, но и подстилающие его слои, удалось установить, что дербинский педоседимент не продолжается в сторону пляжа, а срезается в 1.5–2 м от стенки берегового уступа эрозией водотока, который выходил из лога Распутного около 20 тыс. лет назад. В раскопе Дербина V наблюдаются продукты близкого переотложения

размывавшегося тогда дербинского педоседимента. Поскольку перемещение продуктов размыва производилось водотоком, сформировалась четкая слоистость. Переотложение произошло на расстоянии всего 2–3 м, поэтому состав пород в раскопе также имеет сходство с дербинским педоседиментом.

Таким образом, выяснилось, что в раскопе Дербина V содержатся продукты переотложения

дербинского педоседимента с включением в них артефактов, тоже переотложенных из дербинского педоседимента. Дополнительные раскопки на других памятниках (Усть-Малтат 1 и др.) показали, что двух- (и более) кратное переотложение широко распространено в районе на тех памятниках, где до сих пор выделялся дербинский педоседимент. Стало очевидно, что это почвенное образование искусственно

объединило два или больше разновозрастных педоседиментов. Соответственно и артефакты ранних стадий позднего палеолита тоже, испытав два или более переотложений, залегают в слоях, не соответствующих времени обитания здесь людей — создателей данных каменных орудий. Это породило много новых проблем, ожидающих своего разрешения. Идет нормальный исследовательский процесс... ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда гуманитарных исследований (грант 04-01-00420а) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 04-06-80024).

Литература

1. Абрамова З.А. Палеолит Енисея. Кокоревская культура. Новосибирск, 1979.
2. Абрамова З.А., Астахов С.Н., Васильев С.А. и др. Палеолит Енисея. Л., 1991.
3. Стасюк И.В., Акимова Е.В., Томилова Е.А. и др. // Вестник археологии, антропологии и этнографии. Вып.4. Тюмень, 2002. С.3–24.
4. Akimova E.V., Laukbin S.A., Stasyuk I.V. et al. // British Archaeological Reports. Intern. Series 1240. Oxford, 2004. P.215–223.
5. Stasyuk I.V., Akimova E.V., Laukbin S.A. et al. // Paleolithic Man's Lives and their sites. Chungbuk, 2003. P.29–50.
6. Цейтлин С.М. Геология палеолита Северной Азии. М., 1979.
7. Лаухин С.А., Санько А.Ф., Мотузко А.Н. // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т.13. №1. С.116–123.
8. Лаухин С.А., Санько А.Ф., Еловичева Я.К. и др. // Литасфера. 2002. №1(16). С.49–57.
9. Акимова Е.В., Томилова Е.А., Стасюк И.В. и др. // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск, 2001. С.6–10.
10. Деревянко А.П., Молодин В.И., Зенин В.Н. и др. Палеолит Западносибирской равнины. Позднепалеолитическое местонахождение Шестаково. Новосибирск, 2003.

В Центре исследования цунами (Йокосука, Япония) создан крупнейший в мире имитатор этого природного явления. Он позволяет воспроизводить в канале длиной 184 м волну высотой в 2.5 м, обрушивающуюся со скоростью 40 км/ч на преграды, которые ученые ставят на ее пути. Имитационное устройство позволяет измерять силу волны, а также испытывать защитные сооружения на сопротивление ей. Sciences et Avenir. 2005. №703. P.26 (Франция).

Считавшийся вымершим около полувека назад белоклювый дятел (*Campyphilus principalis*)

palis) обнаружен недавно на востоке штата Арканзас (США). Доказательством его существования стал сделанный орнитологами из Корнеллского университета (Итака, США) четырехсекундный видеоролик. Хотя его качество оставляет желать лучшего, анализ показал, что заснят именно *C.principalis* — самый крупный дятел Америки. Правительство США выделило 5.5 млн долл. на программу по защите вымирающего вида. Sciences et Avenir. 2005. №700. P.56 (Франция).

Крокодилы во время жестоких схваток за свои территориальные владения часто наносят

друг другу тяжкие телесные повреждения, иногда даже с утратой конечностей. Но ни гибели от ран, ни развития инфекций у них не отмечалось — столь сильно их иммунная система. Рептилии, как показали австралийские и американские исследователи, вырабатывают антитела, которые убивают устойчивые к антибиотикам бактерии, такие как золотистый стафилококк.

Теперь исследователи ищут способы выделения антител из крови крокодилов, чтобы на основе расшифровки их структуры синтезировать новые антибиотики.

Terre Sauvage. 2005. №210. P.15 (Франция).

Трясогузки на крыше

В.И.Булавинцев,

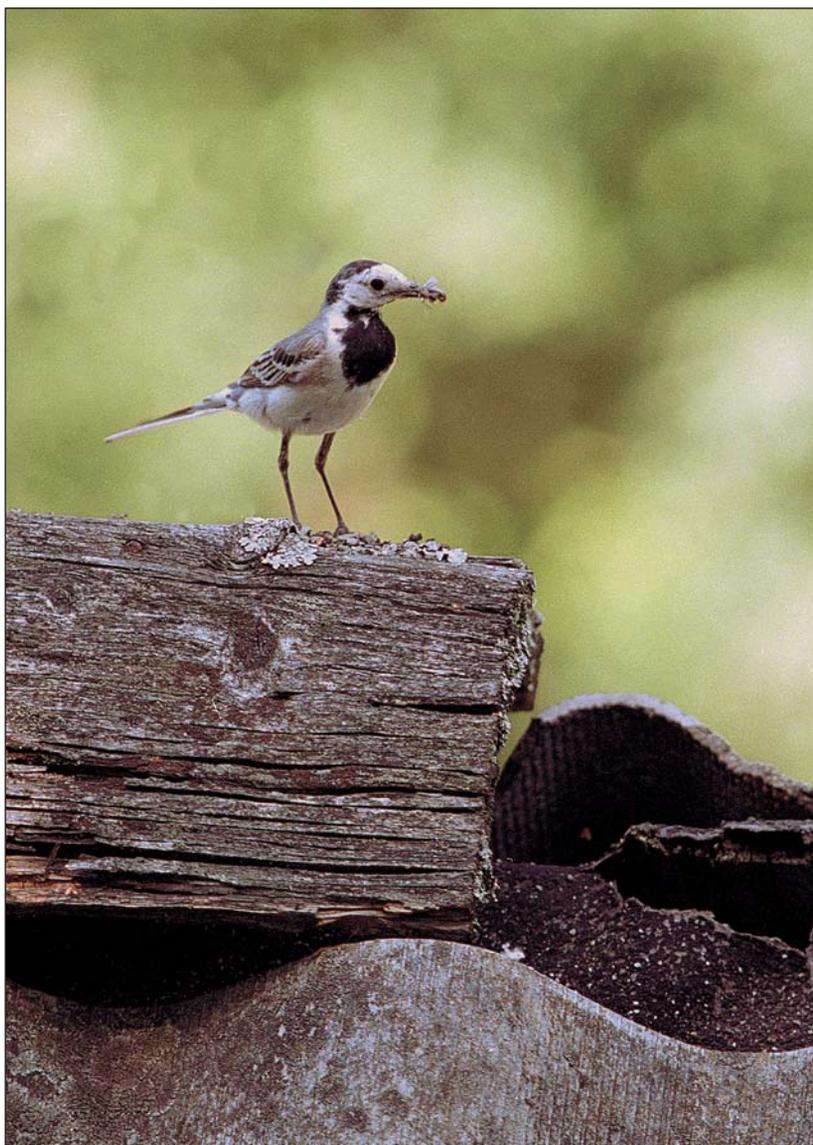
кандидат биологических наук

Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН

Под шифером крыши нашей деревянной баньки устроили гнездо белые трясогузки (*Motacilla alba*). Птички эти — из певчих воробьиных — обычные, их все знают, неважно, в деревне ли, в городе. Пепельно-серые сверху, с черным на шапочке и грудке, белые снизу. Хвостиком длинным трясут, бегая, шустро семят лапками. Насекомых ловят одинаково проворно на земле и в воздухе.

Снимать трясогузок приходилось неоднократно, но все как-то неудачно, самую малость резкости не хватало. Уж больно шустры птички. Решил дело исправить и снять трясогузок как следует. Стал присматриваться — где же у них гнездо? Птицы скоро сообразили, что за ними следят, гнезда не выдают, хитрят, крутятся около бани, но все стороной да боком. Но мне тоже терпения не занимать, благо что в отпуске. Взял бинокль, отошел подальше и через полчаса выяснил: на крыше, под шифером, гнездо спрятано. В нем уже были птенцы, и оба родителя без устали таскали им сначала мошек, набив рот до предела, так, что из него торчали лапки да усики. Чуть позже стали приносить кобылок, тех, что ошибочно зовут в народе кузнечиками.

Характеры у родителей оказались разными. Самочка, по-



Рот буквально набит добычей, торчат усики да лапки.

Здесь и далее фото автора

© Булавинцев В.И., 2006

бледней окрашенная, норовом попроще. Прилетит с кормом и сразу на крышу, пробежит напрямик по коньку и под шифер, туда, где кусок доски оторван. Год назад в баню электричество проводили, доска мешала, вот ее и убрали. Нам свет в бане, а птичкам удобное место для гнезда. А самец сторожкий. Сразу к гнезду не летит. Сядет в сторонке на провода, почвикает, а уж потом, сбоку крыши, серым мышонком, скрытно под конек залезет.

Птиц я снимал из скрадка, устроенного метрах в пяти над землей в ольховой куртине, что растет позади бани. Снимать удобно, видно все как на ладони. Родителей с кормом снял хорошо, а как птенцов кормят, не сумел усмотреть. Только слышал, что верещат, завидя кормильцев, — гнездо-то под шифером глубоко, не доберешься. Полез на чердак бани. Оказалось, что в прорехах старой дранки, которой крышу еще до шифера крыли, край гнезда виден. Кое-где дранку аккуратно обломил, где-то чуть отжал, и с чердака всех стало видно — и птенцов, и взрослых с кормом. Снял кормление, теперь бы слетков в момент их выхода в большой свет застать. Три дня ждал, пока все четверо из гнезда перебрались под конек на крышу. Одни носы торчат из укрытия. Дня два так просидели и, наконец, стали ненадолго вылезать наружу. Кто пошустрее, выскочит, по коньку побегает, крылышки разомнет, почистит лапкой затылок, непременно завалась набок — ведь на одной ноге устоять еще не в силах — и опять на место под доски конька.

Еще через день совсем осмелели, стали учиться летать. Вспорхнет птенчик, трепеща короткими крылышками, зависнет над самым коньком секунды на три, перьевая перхоть на солнышке светлым облачком так и искрится.

Не успел я оглянуться, подросли птенцы, разлетелись с крыши на соседние деревья.



Шустрая птичка на секунду застыла в неподвижности.

Там их родители и докармливали. Выросли птенцы, величиной со взрослых стали, но только желтороты, да черного на голове и грудке нет. Серенькие пока слетки. А вернутся к нам следующей весной, так от стариков уже не отличить. Смотришь, кто-нибудь из семейства снова место для гнезда на баньке приглядит.

Белые трясогузки удивительно неприхотливые птицы, живут везде, как и воробьев, нет их только в Антарктиде. Были бы мелкие насекомые на прокорм самих и птенцов да надежное укрытие для гнезда, будь то расщелина в скале или обрыве, ниша под городским балконом — им неважно, лишь бы понадежней гнездо укрыть.

Эти хрупкие изящные птички совершают ежегодно перелеты на зимовку и обратно в тысячи километров, прилетая к нам весной, когда еще и снег-то не весь сошел даже в поле. На лужах по ночам лед от холода потрескивает, а они пересидят стужу и непогоду в укромном месте, а чуть солнышко пригреет — уже по окраинам луж да по дорожкам парков и скверов суетливо толкуются, ловят первых мух и комаров.

Есть у белой трясогузки и более яркие, почти тропической раскраски родственники. Желтая трясогузка (*M. flava*) обычна



Птенцы уже выглядывают из гнезда, поджидая родителя с кормом.

у нас в средней полосе России на пойменных лугах. Черноголовая — более редкая, встречается по окраинам заболоченных низин, обильно поросших рогозом и ивняками. Есть еще желтоспинная, желтоголовая, маскированная и горная. Всего в мировой фауне насчитывают 10 видов настоящих трясогузок. Кроме того, орнитологи выделяют много подвидов: у белой трясогузки, например, их до 11. Вот такие они птицы, эти вездесущие трясогузки. ■

Новости науки

Астрофизика

У коричневых карликов образуются планеты

Газово-пылевые диски вокруг молодых звезд часто называют протопланетными, поскольку считается, что именно из такого диска 4.5 млрд лет назад образовались планеты Солнечной системы. Но насколько справедливо это название? По современным представлениям, на начало образования планет в диске указывают следующие признаки: рост и кристаллизация пылевых частиц, а также их постепенное оседание к плоскости диска. При этом чем крупнее становятся пылинки, тем эффективнее они оседают и, соответственно, тем сильнее уплотняется диск (по крайней мере, с точки зрения распределения твердого вещества).

Некоторое время назад наблюдательные признаки роста пылинок и уплотнения протопланетных дисков детектировались только у довольно массивных молодых звезд, что вело к пессимистическим предположениям о численности планетных систем в Галактике. Однако в последние годы «лед тронулся»: крупные кристаллизованные пылинки обнаружены и у дисков, окружающих звезды малых масс.

Новые результаты наблюдений протопланетных дисков, представленные Д.Апай (D.Arai; Аризонский университет, США) и его коллегами, окончательно подтверждают, что малая масса центрального объекта — не помеха образованию зародышей планет. С помощью космического инфракрасного телескопа «Spitzer» ученые обнаружили признаки роста и кристаллизации пылинок в дисках вокруг коричневых карликов.

Авторы статьи наблюдали шесть коричневых карликов с дисками в области звездообразования Хамелеон I. Для каждого из них были получены ИК-спектры в диапазоне, включающем знаменитую силикатную полосу на 10 мкм, форма и интенсивность которой зависит от размера и состава пылинок. Во всех спектрах полоса оказалась существенно шире, чем для межзвездных пылинок в среднем, что указывает на крупный размер пыли в дисках у исследуемых объектов. Более тонкая структура полосы, в частности пики на 9.3 и 11.3 мкм, свидетельствуют о присутствии не только аморфных, но и кристаллизованных силикатов, причем относительная доля их достигает 40%.

Особое внимание авторы обращают на то, что у коричневых карликов гладко продолжается обнаруженная в дисках у более массивных звезд антикорреляция интенсивности силикатной полосы с относительной долей кристаллического материала. Это означает, что и в тех, и в других дисках рост пылинок подчиняется одним и тем же законам. Кстати, анализ общей формы спектра согласуется и с предположением, что по мере роста пылинок диск становится более плоским.

Общий вывод из работы таков: и у коричневых карликов, и у молодых звезд в дисках наблюдаются признаки начальных этапов образования планет. По всей видимости, свойства центрального объекта не играют в этом процессе определяющей роли, и эволюция пылинок размером более 100 мкм происходит уже совершенно независимо от него.

Science. 2005. V.310. №5749. P.834 (США); <http://www.nasa.gov/vision/universe/starsgalaxies/spitzer-20051020.html>

Астрономия

Подсчитаны сверхновые в нашей Галактике

При помощи космического гамма-телескопа «Интеграл» (Европейское космическое агентство) Р.Диль (R.Diehl; Институт внеземной физики Общества им.М.Планка, Германия) и его коллеги оценили средний темп вспышек сверхновых звезд в нашей Галактике. Основу исследования составили долговременные наблюдения жесткого излучения, генерируемого при распаде радиоактивного изотопа алюминия ^{26}Al . Этот элемент с периодом полураспада около 740 тыс. лет синтезируется при вспышках сверхновых и, распадаясь, наполняет Галактику гамма-квантами — некоторые из них регистрируются детектором «Интеграла».

Изотоп этот редок. Каждая сверхновая производит его в количестве всего около $0.0001 M_{\odot}$. Но благодаря высокой проникающей способности гамма-лучей «Интеграл» способен собирать информацию о распаде ^{26}Al буквально со всей Галактики. Современные запасы ^{26}Al в Млечном Пути невелики — меньше $3 M_{\odot}$. Основная его часть сосредоточена ближе к центру Галактики, чем Солнце, т.е. располагается там же, где и большинство звезд. Чтобы поддерживать содержание радиоактивного элемента на таком уровне, его запасы должны постоянно пополняться. По заключению авторов, в Галактике каждые 100 лет происходит примерно два взрыва. Точнее, речь идет только о вспышках сверхновых II-го типа, которыми сопровождается финальный гравитационный коллапс массивных звезд. Чтобы обеспечить такое количество

во сверхновых, в Галактике ежегодно должно образовываться около семи звезд суммарной массой около $4 M_{\odot}$ (большинство звезд менее массивны, чем наше светило).

Этот темп звездообразования вполне согласуется с предыдущими косвенными оценками, для получения которых использовались наблюдения остатков сверхновых в нашей Галактике, а также мониторинг сверхновых в других галактиках, похожих на нашу. В работе Диля и его коллег темпы вспышек сверхновых и образования звезд впервые оценены практически непосредственно, причем не для какой-то области Млечного Пути, а для Галактики в целом.

Интересно сопоставить этот статистический результат с реальными наблюдениями. За XVI—XVII вв. в доступных для наблюдения областях Галактики отмечено три вспышки сверхновых, что, казалось бы, согласуется с новой оценкой. Но две из них (1572 и 1604 гг.), по имеющимся данным, относились к сверхновым типа Ia, которые представляют собой термоядерные взрывы на белых карликах и к синтезу ^{26}Al не приводят. Тип сверхновой, взорвавшейся примерно в 1680 г., неизвестен. С конца XVII в. и по сей день в нашей Галактике не зарегистрировано ни одной вспышки. Такое сравнение лишний раз подтверждает давно установленный факт: «назначенный срок» для очередной сверхновой в Галактике давно прошел. Но нужно, конечно, учитывать, что систематическое «патрулирование» всего небосвода началось совсем недавно, и по его результатам вряд ли можно делать какие-то статистически значимые выводы.

Nature. 2006. V.439. №7072. P.45 (Великобритания)

Физика

Лед в нанотрубках при комнатной температуре

Характеристики вездесущей воды давно известны. А сохраняются ли они у воды, содержащейся в нанобъемном пространстве, напри-

мер в биологических мембранах (толщиной 5—10 нм)? Специалисты предполагали, что физические свойства столь малых количеств H_2O могут оказаться совсем иными, но еще недавно изучать их было очень сложно. Ситуация упростилась с появлением уникальных контейнеров — углеродных нанотрубок.

Моделирование с использованием метода молекулярной динамики показало, что молекулы H_2O не только проникают в гидрофобные каналы открытых одностенных углеродных нанотрубок (диаметром 0.8 нм и длиной 1.34 нм), помещенных в резервуар с водой, но и двигаются по ним, образуя примерно упорядоченные цепочки примерно из пяти молекул. Разрыв цепочки энергетически невыгоден и потому крайне редок. Флуктуации плотности вне нанотрубки приводят к высоко согласованному быстрому «дрейфу» молекул воды вдоль оси трубки и, в результате, — к их импульсному выбросу. Полученные сведения важны для понимания некоторых биологических процессов, а также могут быть использованы при создании определенных типов сенсоров.

Несколько лет назад появилось сообщение¹ о заполнении водой (из паровой фазы) одностенных углеродных нанорожков (конусовидных нанотрубок) при 303 К. Внутреннее пространство образцов становилось доступным после их обработки в чистом кислороде при 693 К: концы трубок открывались, а в стенках создавались «окна». Адсорбция водяного пара начиналась на активных центрах, содержащих, по мнению исследователей, функциональные кислородные группы. Уже адсорбированные молекулы действовали как вторичные центры, на которых кластеры воды росли до тех пор, пока не достигали критического размера — пяти молекул. Специалисты предположили, что при достаточно сильном охлаждении вода внутри нанопространства может превратиться в высокоплотный аморфный лед.

¹ Bekyarova E. et al. // Chem. Phys. Lett. 2002. V.366. P.463—468.

И вот недавно японские ученые² показали, что лед внутри одностенных углеродных нанотрубок может существовать даже при комнатной температуре и давлении ниже атмосферного! Исследователи изучили шесть образцов нанорожков (все разного диаметра), которые были запаяны в кварцевые трубки (диаметром 0.7 мм и длиной 20 мм) с парами воды. Измерения проводили от 90 до 360 К. Оказалось, что при пониженных температурах внутри нанорожков образуются полигональные (с числом углов от пяти до восьми) колонки льда — стопки кольцевых структур из молекул H_2O . Их температура плавления с уменьшением диаметра возрастает: от 190 К (у восьмиугольных) до 300 К (у пятиугольных) без приложения высокого давления. Интересно, что при температуре 318 К вода из нанорожка мгновенно испаряется (возможно, этот экзотический эффект когда-нибудь найдет практическое применение).

http://www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2004/20041224/20041224.html;
http://perst.isssp.kiae.ru/Inform/perst/5_06/index.htm

Физика

Прозрачный листовый материал из углеродных нанотрубок

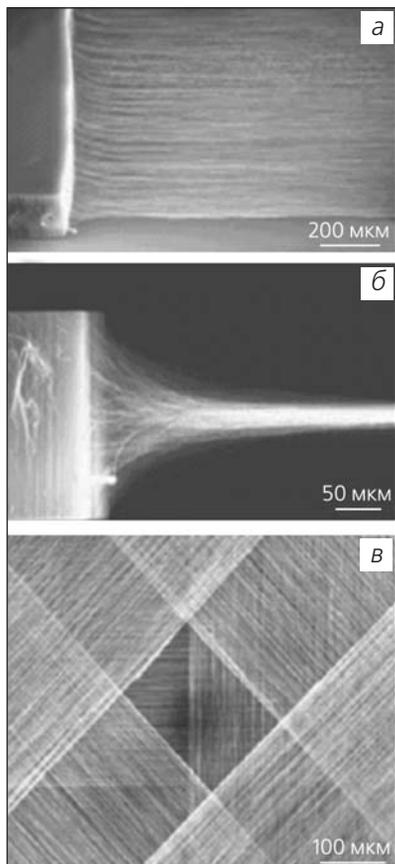
Группе американских и австралийских исследователей удалось изготовить из нанотрубок очень прочную ткань³.

В качестве исходного материала они использовали высокоориентированные многослойные нанотрубки диаметром ~10 нм и длиной от 70 до 300 мкм, синтезированные термokatалитическим разложением ацетилена. Листовой материал получили из наминающего траву (или лес) массива нанотрубок⁴ высотой 245 мкм. Вручную (со скоростью ~1 м/мин)

² Maniwa Y, Kataura H, Abe M. // Chem. Phys. Lett. 2005. V.401. P.534—538.

³ Zhang M, Fang SL, Zakhidov AA. et al. // Science. 2005. V.309. №5738. P.1215—1219.

⁴ См. также: Пряжа из многослойных нанотрубок // Природа. 2006. №2. С.82—83.



Изображения, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа: а — вытяжение «леса» нанотрубок в полотно (снимок сделан под углом 35° к плоскости подложки); б — согласованный поворот «леса» нанотрубок на 90° при образовании листа; в — четырехслойное полотно: каждый лист повернут относительно предыдущего на 45°.

его вытянули в лист площадью ~500 см² и поверхностной плотностью 2.7 мг/см². При использовании механических приспособлений (скорость вытягивания до 10 м/мин) удалось получить полотно длиной 3 м, шириной 5 см и толщиной (она определяется высотой массива нанотрубок) 18 мкм. Два листа, соединенные вместе, легко удерживали каплю воды, масса которой в 50 тыс. раз превышает массу самого материала. Существенное повышение массовой плотности достигалось погружением полотна в жидкость (например, этанол) и дальнейшим

просушиванием: при испарении жидкости оно сжималось до толщины ~50 нм под действием сил поверхностного натяжения.

По отношению к видимому и ИК-излучению уплотненные листы отличаются высокой прозрачностью, причем она возрастает с увеличением длины волны (90% для $\lambda > 1$ мкм). При прохождении через полотно излучение поляризуется (степень поляризации составляет 0.71 для $\lambda = 500$ нм и 0.74 для $\lambda = 780$ нм). Удельное электрическое сопротивление листа составляет примерно 10 кОм/см². Сочетание высокой прозрачности и хорошей электропроводности делает материал перспективным для применения в мониторах, видеоматрицах, солнечных батареях и твердотельных источниках света.

Наряду с высокими оптическими и электрическими характеристиками полотно обладает великолепными механическими свойствами: удельная прочность на растяжение 18-слойного листа достигает 465 МПа/(г/см³). Это существенно превосходит параметры сверхпрочной стали и алюминиевых сплавов — 125 и ~250 МПа/(г/см³) соответственно.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_17/index.htm

Генетика

Бактерия *Wolbachia* помогает дрозофилам и вредит генетикам

Фруктовая мушка, а именно чернотелая дрозофила (*Drosophila melanogaster*), — важнейший объект генетических исследований. Т.Морган первым из генетиков воспользовался этим превосходным лабораторным объектом и разработал в начале XX в. хромосомную теорию наследственности. В конце прошлого века *D.melanogaster* стала вторым (после почвенной нематоды *Caenorhabditis elegans*) видом многоклеточного животного с полностью прочитанным геномом. В ходе исследований дрозофила был получен колоссальный объем данных. Однако неожиданное отк-

крытие, сделанное в последние годы, ставит под сомнение значительную их часть¹.

Как выяснилось, почти треть лабораторных культур *D.melanogaster* заражены бактерией из рода *Wolbachia*, которая живет во многих тканях насекомого и передается в поколениях исключительно по материнской линии (через яйца). У зараженных вольбахией мушек больше шансов выжить и оставить потомство, чем у незараженных. В частности, бактерия нейтрализует действие пары мутаций, вместе вызывающих на ранних стадиях развития гибель зародышей. В присутствии вольбахии эти мутации перестают быть летальными. Другая мутация, вызывающая бесплодие самок, у зараженных мушек тоже не проявляется или почти не проявляется: они откладывают примерно столько же яиц, сколько и самки, не имеющие этой мутации. Вольбахия способна также менять пол дрозофилы. Из зараженных яиц, из которых в соответствии с хромосомным набором должны бы развиваться самцы, могут появиться самки.

По-видимому, различные виды рода *Wolbachia* живут в организме большинства видов насекомых, а также многих видов других членистоногих и круглых червей². У некоторых перепончатокрылых насекомых³ и нематод (в частности, у нематоды *Onchocerca volvulus* — паразитического червя, вызывающего у людей тропическую болезнь речную слепоту⁴) вольбахия даже необходима для нормального размножения!

Столь незаурядные свойства вольбахии, должно быть, возникли под действием естественного отбора: они помогают бактерии выжить, оставив невредимым хозяина, и передаваться новым «владельцам», не снижая их плодовитости и превращая самцов (через которых вольбахия не может распрост-

¹ Ainsworth C. // Nature. 2005.V.436. P.8.

² Fry A.J. et al. // Heredity. 2004. V.93. P.379—389.

³ Dedeine F. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2001. V.98. P.6247—6252.

⁴ Saint André A. v. et al. // Science. 2002. V.295. P.1892—1895.

раниться дальше) в самок (снабжающих бактерией потомство).

Зараженные дрозофилы, таким образом, могут получить некоторые преимущества перед незараженными, и сильно жаловаться им не приходится. Настоящие жертвы вольбахии — генетики. Результаты огромного числа генетических экспериментов, во время которых зараженность культуры мушек вольбахией не принималась во внимание, теперь нуждаются в проверке. Возможно, на соотношение полов, выживаемость и плодовитость особей в этих опытах повлиял неучтенный фактор — «вредная» для генетиков и во многом полезная для дрозофил бактерия.

© Петров П.Н.,

кандидат биологических наук
Москва

Популяционная и эволюционная генетика

Генофонд бурых лягушек

При исследовании генетической стабильности популяций очень важно знать, какие факторы и механизмы ее обуславливают. Коллектив специалистов из Музея земледения МГУ им.М.В.Ломоносова, географического факультета МГУ и Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН, возглавляемый академиком Ю.П.Алтуховым, изучал антропогенное воздействие на генофонд популяций бурых лягушек, обитающих на особо охраняемых природных территориях Москвы, а также в Подмосковье и прилегающих районах. Для анализа использовались биохимические маркеры генов (семь аллозимных локусов, 21 аллель). Обследовано 554 особи, относящиеся к видам *Rana arvalis* (остромордая) и *R.temporaria* (травяная), из 16 популяций (девяти московских, шести подмосковных и одной из Калужской обл.).

Оказалось, что в Москве популяции сильно фрагментированы (несмотря на то, что лягушки могут передвигаться на расстояние до 10 км). По сравнению с крупными природными популяциями в мелких городских изолятах раз-

нообразии генофонда резко снижено (у *R.arvalis* — на 80%, у *R.temporaria* — на 50%); средний уровень гетерозиготности на локус уменьшен (у *R.arvalis* — с 0.16 до 0.06, у *R.temporaria* — с 0.34 до 0.18); число полиморфных локусов у *R.arvalis* сокращено с четырех до двух, у *R.temporaria* — с пяти до четырех.

В результате дробления единого ареала вида скорость преобразования его генофонда увеличивается, главным образом за счет отрицательных процессов — дрейфа генов и сопутствующего ему инбридинга. Это приводит к тому, что в различных мелких изолятах фиксируются разные аллели одного и того же гена. Таким образом, решающую роль в уменьшении разнообразия генофонда бурых лягушек в Москве играет дрейф генов. Это заключение позволяет разработать пути сохранения *R.arvalis* и *R.temporaria* в условиях города. Очевидно, что если не принять неотложных мер, им грозит неизбежное вымирание.

© Макеева В.М.,

кандидат биологических наук,

Малюченко О.П.,

Белоконь М.М.

Москва

Биология

Загадочное образование метана растениями

Содержание метана в современной атмосфере составляет всего 1.7 ppm, т.е. примерно в 200 раз меньше, чем углекислого газа, но тем не менее CH_4 вносит заметный вклад в создание парникового эффекта. Содержание метана в воздухе быстро растет: по сравнению с уровнем в доиндустриальную эпоху оно увеличилось более чем в два раза. Сейчас по не очень понятным причинам темпы прироста несколько снизились, но все равно остаются очень высокими.

Основной источник метана в современной биосфере — метанобразующие бактерии (метаногены). Будучи строгими анаэробами, они развиваются там, где есть остатки органических веществ,

но нет кислорода: в болотах, донных отложениях водоемов (в том числе рисовых полей), в кишечнике многих беспозвоночных и позвоночных животных. Особенно велика в этом отношении роль жвачных и термитов.

Изъятие из воздушной среды метана происходит прежде всего за счет окисления его гидроксильным радикалом в верхних слоях атмосферы, а также за счет метанокисляющих бактерий (метанотрофов). Надо сказать, что оценки процессов, вовлеченных в глобальный круговорот метана, сильно варьируют, а баланс никак не сводится. Суммарное поступление этого газа в атмосферу из всевозможных источников по разным расчетам оказывается меньше суммарного изъятия (стока), а наблюдаемый прирост недостаточен, чтобы покрыть разницу¹.

Не исключено, однако, что недостающий источник атмосферного метана в настоящее время можно считать найденным. Ф.Кеплер (Институт ядерной физики им.М.Планка (Германия) и его коллеги из Отдела сельского хозяйства Северной Ирландии (Белфаст, Великобритания) и Утрехтского университета (Нидерланды) опубликовали поистине сенсационные данные о производстве метана наземными растениями².

Исследователи обнаружили, что оторванные листья разных растений образуют за час от 0.2 до 3 нг метана при 30°C (в расчете на 1 г сухого веса растительных тканей). При росте температуры до 70°C эмиссия метана возрастает, примерно удваиваясь на каждые 10°C. На фоне атмосферного метана этот эффект было крайне трудно обнаружить, но он четко выявляется в камере, из которой предварительно удален весь этот газ.

Авторы экспериментально доказали, что эмиссия метана связана именно с растениями, а не с бактериями: листья, подвергнутые стерилизации γ -излучением, выделяли его столько же, сколько в

¹ Lowe D.C. // Nature. 2006. V.439. P.148—149.

² Keppler F., Hamilton J.T.C. et al. // Nature. 2006. V.439. P.187—191.

контроле, несмотря на гибель бактерий. Исследователи оценили также выделение метана C_3 - и C_4 -растениями, которые несколько отличаются содержанием стабильного изотопа углерода ^{13}C . Образовавшийся метан отражал изотопный состав растительных тканей.

Когда в опытах вместо отдельных листьев были использованы целые растения, выяснилось, что метан образуется несравненно интенсивнее — от 12 до 370 нг за час (тоже в расчете на грамм сухого веса). На солнечном свете эмиссия метана возросла еще в 3–5 раз, вплоть до 870 нг. Относительное содержание в выделившемся метане ^{13}C соответствовало той величине, что была установлена в C_3 - и C_4 -растениях (это также свидетельствовало о выделении газа растениями, а не бактериями).

Механизм образования метана растениями и значение этого процесса для них пока остаются неизвестными. Предполагается лишь, что исходными соединениями могут служить пектины — кислые полисахариды растительных клеток. Во всяком случае в опытах с очищенным пектином из яблочек газ выделялся, причем зависимость его эмиссии от температуры и освещения была примерно такой же, как в экспериментах с листьями и целыми растениями. Авторы рассчитали, сколько метана может образовывать наземная растительность. Полученные результаты впечатляют — от 62 до 236 Тг (10^{12} г) за год, т.е. 10–30% от общего количества поступающего в атмосферу метана. Не исключено, что наблюдаемый сейчас сниженный прирост метана в атмосфере связан с сокращением площади тропических лесов.

Безусловно, данные Кеплера и его коллег должны быть подтверждены другими, независимыми исследованиями. На это указывают многочисленные комментарии, немедленно появившиеся в ведущих научных изданиях. Однако авторы комментариев, в общем, не склонны сомневаться в опубликованных результатах.

© **Гиляров А.М.**,

доктор биологических наук
Москва

Медицина. Эпидемиология

Новые тест-системы для вируса гриппа А

По-видимому, миру вновь угрожает пандемия гриппа А. Чтобы избежать гибели миллионов людей, необходимо своевременно выявлять, локализовывать и обезвреживать природные очаги инфекции, а это невозможно без надежных средств диагностики. Они бывают двух типов: одни распознают сам вирус (вирусологическими и молекулярными методами), другие — антитела к нему (с помощью иммуноферментного анализа). Наиболее чувствительные и специфичные методы определения вируса — молекулярные, они рекомендованы Всемирной организацией здравоохранения и Международным эпизоотическим бюро.

Специалисты НИИ вирусологии им.Д.И.Ивановского РАМН уже более 35 лет изучают циркулирующие в различных районах России вирусы гриппа А, устанавливая степень их патогенности и выявляя мутации. Совместными усилиями сотрудников института и НПО «Нарвак» разработан комплекс молекулярных методов для анализа нуклеотидных последовательностей генома вируса гриппа А и идентификации его подтипов. В комплекс входят: универсальная для млекопитающих и птиц тест-система, которая позволяет определять вирус в различных биологических образцах и отличать его от других вирусов, вызывающих схожие с гриппом симптомы; два диагностикума для обнаружения в биологических образцах РНК наиболее опасных в эпидемиологическом смысле подтипов вируса гриппа А — Н5 и Н7.

Все эти тест-системы основаны на полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени, которая представляет собой автоматизированную модификацию ПЦР с повышенной специфичностью, считыванием результатов в каждый момент времени и получением данных о количестве вируса, попавшего в организм

(т.е. диагностикум позволяет оценить вероятность заболевания). Метод отличается высокой производительностью и точностью при проведении массовых анализов, благодаря его чувствительности выявляются даже единичные вирусные частицы. Анализ занимает несколько часов, результаты считываются по фотографии геля после проведения электрофореза.

Тест-системы прошли Государственные контрольные испытания, имеют сертификационные документы и рекомендованы для массовых исследований. В 2005 г. с их использованием проведено более 4 тыс. анализов.

Кроме того, специалисты названных учреждений и НИИ молекулярной биологии им.В.А.Энгельгардта РАН создали микрочипы (биочипы), позволяющие всего за несколько часов не только определить наличие вируса гриппа А, но и дифференцировать его подтипы (Н1–Н15, N1–N2), т.е. по эффективности такая диагностика соответствует 17 обычным тест-системам.

Для тех случаев, когда человеку, птице или животному сделали прививку от гриппа и нужно понять, подействовала ли она, производятся два набора для выявления антител к вирусу гриппа А, основанные на иммуноферментном анализе, который также зарекомендовал себя как чувствительный и надежный метод.

<http://www.narvac.com>

Этология

Взрослые самки более требовательны

Брачные демонстрации самцов птиц, призванные привлечь представительниц противоположного пола, подчас принимают весьма причудливые формы. Нередко самцы не ограничиваются одним приемом: если самочку не особенно вдохновила виртуозность пения, наверняка ее не оставит равнодушным мастерски построенное самцом гнездо, либо ее воображение потрясет пылкость уха-

живаний, что и определит ее окончательный выбор. Разнообразие способов привлечения самки, реализуемое одними и теми же самцами одного вида, — явление чрезвычайно распространенное. Однако ученым пока мало понятно истинное значение такого разнообразия.

Этой стороной выбора партнера заинтересовались биологи из Университета штата Мэриленд (США) во главе с Дж.Борджиа, который уже много лет изучает поведение атласных шалашников (*Ptilonorhynchos violaceus*), населяющих леса Австралии¹. Самцы этих птиц сооружают в лесу специальные токовые площадки — шалаша. Дело это довольно хлопотное: сначала расчищается от травы небольшая, около метра в диаметре, площадка, на которой сооружается платформа из мха; на ней из травинок, тщательно отбираемых и втыкаемых в мох, строится своеобразный коридор, обе стенки которого сделаны из хорошо пригнанных и сцепленных вместе стеблей. Затем самец начинает украшать свой шалаш, богато орнаментируя его разнообразными цветными предметами, будь то лепестки цветков, крылья бабочек, перья птиц или кусочки полиэтилена. Закончив работу, самец принимается токовать, оглашая окрестности протяжными криками. Самки посещают шалаша только для спаривания, а гнезда строят и выкармливают птенцов в одиночку.

Борджиа с коллегами установили около каждого из найденных шалашей видеокамеру, записывающую в непрерывном режиме. Большинство птиц в исследуемой популяции было помечено для индивидуального распознавания комбинацией из трех-четырех цветных пластиковых колец, надеваемых на лапки. Как выяснилось, выбор самкой самца состоит из трех стадий. Сначала она оценивает красоту построек, имеющих в окрестностях участка ее обитания, и пока никакого внимания не обращает на их владельцев

¹ Borgia G. // Nature. 2004. V.428. №6984. P.742—745.

и даже старается не показываться им на глаза, дабы не привлечь их. Выбрав несколько наиболее выдающихся с ее точки зрения сооружений, самка посещает их во второй раз — теперь присутствие самца обязательно, и между возможными партнерами разыгрывается эффектный спектакль: самец в весьма экспрессивной манере демонстрирует разнообразные экстравагантные позы, сопровождаемая их причудливой вокализацией. Наконец, в третий раз самка посещает только одного самца, с которым и спаривается уже без всяких проволочек. Таким образом, на каждом этапе самка «отсеивает» часть самцов, выбирая самого лучшего.

Чтобы изучить процесс выбора подробнее, ученые провели специальный эксперимент. Уже давно подмечено, что самки предпочитают те шалаша, для украшения которых самец максимально использует синий цвет, поэтому около некоторых шалашей были дополнительно выложены пластиковые пластинки синего цвета. Оказалось, что на втором этапе все самки чаще посещали именно такие, искусственно приукрашенные постройки. Однако тщательный анализ посещений выявил интересные отличия в поведении молодых (в возрасте до трех лет) и взрослых самок: молодые выбирали для спаривания самцов с самыми лучшими шалашами, независимо от интенсивности их украшения, тогда как взрослые оказывали внимание лишь тем, кто наиболее рьяно добивался их благосклонности.

Из этих наблюдений исследователи сделали вполне обоснованный вывод: молодые самки выбирают самцов только на основе достоинств их шалашей, тогда как взрослые подходят к такому ответственному делу более серьезно: их избранник должен не только уметь сооружать выдающиеся шалаша, но и показать себя истинным кавалером, способным самозабвенно отдалиться уходу.

© Опаев А.С.
Москва

География

Источники загрязнения Калининградского взморья

Загрязнение нефтью и мазутом наносит значительный ущерб Калининградскому взморью с его пляжами, сложенными чистыми кварцевыми песками. Эта неотъемлемая часть «золотого обрамления» Европы протянулась почти на 150 км от польской до литовской границы, включая побережье Самбийского п-ова с крупнейшим месторождением янтаря, а также части Вислинской и Куршской песчаных кос с их неповторимым по красоте дюнным ландшафтом.

Если в 80-е и 90-е годы накатывали нефтемазутных волн были единичны, то начиная с 2000 г. загрязнение Калининградского взморья стало носить систематический характер. С этого же времени сотрудники факультета географии и геоэкологии Калининградского государственного университета под руководством В.В.Орленка проводят геоэкологический мониторинг береговой зоны. Разработана схема отбора проб на содержание углеводородов на пляже, в грунтах прибрежного мелководья, морской воде и пресных водах устьев всех рек и ручьев, впадающих в Балтийское море.

Одна из задач мониторинга — определение масштабов и источников нефтемазутного загрязнения, в числе которых аварии судов. Случаются они редко, однако наносят существенный ущерб прибрежно-морским экосистемам. Так, причиной крупного мазутного загрязнения 1988 г., затронувшего западное и северное побережье Самбийского п-ова (вплоть до корневой части Куршской косы), было затонувшее в 1976 г. греческое судно «Анна-Ф»: его топливные танки, поврежденные прибоем и коррозией, дали течь. Мазут от этого же источника был обнаружен в 2001 г. примерно там же — в районе мыса Гвардейский, Пионерского и Зеленоградска.

Еще раньше, в 1981 г., танкер «Глобе Асиме», пытаясь войти

в морской канал порта Клайпеда, был выброшен на камни: в море попало 16,5 тыс. т мазута — значительный ущерб морской экосистеме (особенно Куршской косы) сказывается и поныне.

Летом 2003 г. к Калининградскому взморью прибило два гигантских мазутных пятна, двигавшихся со скоростью около 16 км/сут; общая их масса составила 1618 т, а масса песчано-мазутной смеси — 20,8 т. Затем эти пятна достигли побережий Литвы и Латвии; большая часть польских побережий оказалась в гидрологической тени и не была затронута. Несмотря на значительные масштабы загрязнения, экосистема национального парка «Куршская коса» не пострадала: вскоре пляжи были очищены, а остатки мазута штормовыми волнами и течениями вынесены в море.

5 января 2004 г. при буксировке в Калининградский порт перевернулся земснаряд «Балхаш», а затем затонул на глубине 19 м в трех милях к юго-западу от мыса Таран. В танках судна находились 10 т дизельного топлива, а в двигателях — 440 кг моторного масла. В октябре в районе Бакалинской банки был отмечен четкий северо-западный след нефтепродуктов от «Балхаша» в слое воды на глубинах 16,7—82,4 м.

В целом мониторинг показал, что наряду с авариями большой вред систематически наносят загрязнения, поступающие по направлению преобладающих ветров и связанных с ними дрейфовых течений. При западных ветрах загрязнение приходит со стороны Польши — Гданьского залива, где имеется нефтетерминал в районе Гданьского нефтеперегонного завода. При северных — со стороны Литвы — Клайпедского порта и нефтетерминала Бутинга. Других подобных источников загрязнений на Калининградском побережье до 20 июня 2004 г., т.е. ввода в эксплуатацию российской морской платформы Д-6, не было.

Достаточно распространенное предположение о том, что нефтемазутные загрязнения Калининградского взморья связаны с зато-

нувшими кораблями времен Второй мировой войны, не выдерживает критики: на глубинах 20—30 м находятся в основном мелкие суда, работавшие на бензине или солярке, а эти нефтепродукты за прошедшие десятилетия испарились. Используя мазут крупные суда затонули на больших глубинах — там сохранившееся в баках топливо останется в затвердевшем состоянии навечно из-за низкой температуры воды.

Проведенный геоэкологический мониторинг прибрежной зоны Балтийского моря говорит о необходимости налаживания контактов между заинтересованными организациями по охране природной среды всех сопредельных государств.

Доклады XII съезда РГО. СПб., 2005. Т.5. С.63—67 (Россия).

Палеонтология

Ящерица в янтаре

Специфическое направление палеонтологии — изучение организмов, которые в древние времена погибли в густой смоле да так и сохранились до наших дней в кусках янтара. Специфическое потому, в частности, что «солнечный камень» консервирует структуры, не сохраняющиеся в окаменевших остатках. Довольно обычны находки замурованных в янтаре растений и беспозвоночных животных. Мелкие позвоночные встречаются гораздо реже. Тем не менее описан ряд «янтарных» видов вымерших лягушек и ящериц. Из последних в смоле чаще погибали гекконы, что вполне естественно: у древесных ящериц больше шансов угодить в нее.

До сих пор замурованных в янтаре ящериц находили, как правило, в относительно молодом янтаре, добываемом в Доминиканской Республике. Балтийский янтарь гораздо старше. В нем регулярно обнаруживают замурованных членистоногих, находки же позвоночных очень редки. Один из таких удивительных артефактов был обнаружен на территории Калининградской обл. и попал в Музей

Бернштайта в Германии¹. Исследовавшие его американские и немецкие специалисты определили возраст находки в 54 млн лет (ранний эоцен). В кусочке янтара застыл крошечный — всего 15 мм длиной — геккон. Его прижизненная окраска не сохранилась, но в остальном — это уникальный по сохранности представитель ископаемых гекконовых ящериц. И древнейший из обнаруженных в янтаре.

Естественно, находку отнесли к новому для науки роду и виду. Ее латинское название вполне очевидно даже без перевода — *Yantarogekko balticus*. Трудно переоценить значение этого открытия для понимания филогении и палеонтологической истории гекконовых ящериц. Но, кроме того, янтарогекко позволил по-новому взглянуть на эволюцию одного из интереснейших приспособлений гекконов — подпальцевых пластинок с микроворсинками, благодаря которым эти древесные ящерицы легко перемещаются даже по гладким вертикальным поверхностям.

Оказалось, что у раннеэоценового геккона пальцы снабжены непохожими на современные, но в принципе аналогичными цепкими «подушечками». Прежде считалось, что формирование подобного механизма происходило у предков ныне живущих гекконов на 20—30 млн лет позже.

Интересная публикация вызывает тем не менее малопривлекательный вопрос. А каким, собственно, образом уникальный образец из российской Прибалтики попал в немецкий музей? Обычно немецкие зоологи очень пунктуальны, но в данной публикации указан только инвентарный номер находки — ни даты, ни имени коллектора, ни точного местонахождения. По всей видимости, редчайшая находка была потеряна для отечественной науки в результате печальной известной и масштабной контрабанды российского янтара.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

¹ Journal of Zoology. London. 2005. V.265. №4. P.327—332.

Крымские рапсодии

Г.Б.Наумов,

доктор геолого-минералогических наук

Государственный геологический музей им.В.И.Вернадского РАН
Москва

Приятно, когда, взяв книгу в руки, ощущаешь ее тепло. Еще лучше, когда эти ощущения усиливаются по мере углубления в ее содержание.

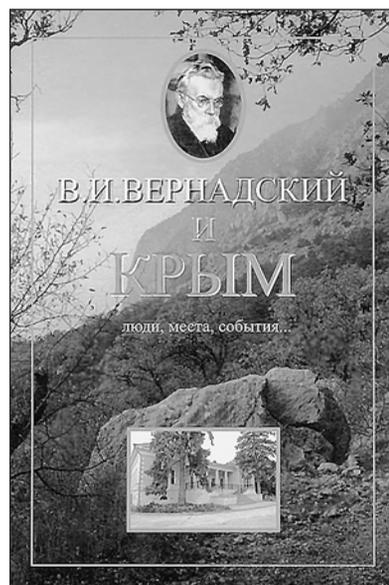
Такие чувства возникают при знакомстве с новой работой, подготовленной в Таврическом университете (Симферополь). Это своеобразное исследование-бестселлер: детальное историко-краеведческое по существу, своеобразное по структуре и оформлению и достаточно популярное по представлению материалов.

Две основные темы — великий мыслитель XX в. Владимир Иванович Вернадский и удивительный Крым с его ландшафтно-климатическими и историческими особенностями. Именно здесь, в местечке Горная щель, в имении Бакуниных в суровые годы Гражданской войны, после тяжелой болезни, в состоянии предельного напряжения физических и духовных сил 56-летний Вернадский смог переосмыслить весь свой научный и житейский багаж ученого, педагога, гражданина и мыслителя. Именно в эти дни он сумел выделить самое главное, который стержень, вокруг которого сосредотачивались все дальнейшие его усилия, началась работа над «книгой жизни», как он говорил.

Шаг за шагом авторы раскрывают незримую связь рационального и эмоционального в глубинах творческой личности. Это не только взаимодействие мыслей и чувств, отражающееся в произведениях и дневниковых записях самого ученого, но и то интеллектуальное окружение, те незримые духовные контакты, которые устанавливались между незаурядными личностями на благодатной крымской земле.

В свободной, ненавязчивой форме не только перечисляются те персоны, с которыми Владимир Иванович встречался в разные годы и в разных уголках Крыма, но и даются краткие биографические сведения о них, приводятся фотографии, а иногда и описание их творческих интересов.

Мы знакомимся с Петром Ивановичем Кеппиным, одним из основателей Русского географического общества, действительным членом которого был и Вернадский. Насколько близка была духовная связь между этими двумя людьми, видно уже из того, что Кеппин обращался в своих письмах к Вернадскому словами «друг мой». Владимир Иванович приехал в его имение Карабах («Черный сад»), когда хозяином там был уже внук Кеппина В.В.Келлер, директор Никитского ботанического сада, с которым Вернадский познако-



Багров М.В., Ена В.Г., Лавров В.В. и др. В.И.ВЕРНАДСКИЙ И КРЫМ: ЛЮДИ, МЕСТА, СОБЫТИЯ.

Киев: Либідь, 2004. 312 с.

мился еще в студенческие годы и с которым вместе организовывал работу по помощи голодающим после неурожайных 1891—1892 гг.

Узнаем мы и о Владимире Карловиче Винберге, председателе Таврической земской управы, вместе с которым Вернадский ходатайствовал о создании в Крыму Таврического университета, размышлял о политическом будущем России и обсуждал брошюру лидера земских деятелей России И.И.Петрункевича «Ближайшие задачи земства». Сам Петрункевич, один из основателей конституционно-демократической партии России (партии кадетов), член ее ЦК, а затем ее почетный председатель, по долгу жил в Крыму. Тесное общение, в том числе и в неформальной обстановке на лоне прекрасной крымской природы, во многом способствовало интеллектуальному обогащению, что отчетливо вырисовывается из приведенных материалов, выдержек из писем, дневниковых записей и воспоминаний. Так, один из близких друзей Вернадского историк А.А.Корнилов в 1915 г. писал: «Я, как и другие мои товарищи по кружку — Дм.Ив.Шаховской, Вернадский, братья Ольденбурги — почерпнули тогда от И.И.Петрункевича много новых элементов для окончательного формирования своего мирозерцания и своих собственных общественных взглядов и идеалов».

Удачна форма, в которой эти сведения введены в общий контекст. Это не вставки в текст, часто нарушающие последовательность единого повествования, и не комментарии, размещенные в конце книги и заставляющие читателя постоянно переворачивать страницы, а материалы, поставленные рядом с основным текстом на расширенных полях. Этот прием, не принятый в нашей литературе, очень удобен для читателя. Тот проигрыш, который невольно возникает в связи с некоторым увеличением общего листажа, с лихвой компен-

сируется. Все в одном месте: хочешь — углубляйся, не хочешь — читай дальше. Удобно.

Вообще вся вспомогательная информация, как, например, переводы географических названий с татарского языка, органично включена в основной текст весьма удачной версткой, облегчающей чтение.

Углубляясь в материал, собранный составителями издания, невольно понимаешь, что мысли и идеи этих разных по роду деятельности и интересам людей не только передавались от одного к другому, тем самым расширяя интеллектуальный багаж каждого, но и вызывали отклики в душах собеседников, придавая мысли новое направление. Может быть, для каждого это не всегда оправданное расширение, но для Вернадского это общение значило очень много. Об этом говорят многочисленные упоминания в его дневниковых записях о творческих контактах и вызываемых ими ощущениях и размышлениях. Вероятно, не случайно как в искусстве, так и в науке существовали «могучие кучки». Взаимный обмен информацией, тот «резонанс», который возникает в ходе этого обмена, — это далеко не последнее условие рождения нового, необычного,двигающего нас вперед. Флюктуации мысли, которые невольно происходят в этом резонансном контакте и закрепляются отдельными личностями, служат хорошей базой для дальнейшего их творчества.

Очень уместно подобраны письменные воспоминания самых разных персон. Они существенно расширяют общую палитру всей той обстановки и ситуаций, в которых шло общение. Казалось бы, малозначительные штрихи, обычно упускаемые в сухих научных трактатах, приобретают здесь особый смысл.

В книге достаточно подробно, емко и эмоционально описываются и удивительные крымские ландшафты, которые, вероятно, в немалой степени способствовали духовному обще-

нию и идейному сближению. Здесь воспроизведены старинные гравюры, зарисовки, фотографии, перемежающиеся с современными съемками и рисунками. Записи И.И. и М.И.Петрункевичей, С.В.Паниной, баронессы Л.С.Врангель, графа Л.Н.Толстого, историка А.А.Корнилова, лечащего врача Бакуниных С.Я.Елпатьевского, сына Вернадского Георгия и его жены Нины и других непосредственных свидетелей весьма эмоционально дополняют эти иллюстрации.

В результате создается довольно целостная картина многообразия связей Вернадского с Крымом и значение крымских сюжетов для всей дальнейшей его судьбы.

Особенно подробно описываются имение Бакуниных Горная Щель и его обитатели, а также имение Батилиман Байдарской волости.

Первое из них тесно связано с периодом болезни Вернадского, когда он находился между жизнью и смертью, периодом осмысления огромного багажа накопленных знаний и кристаллизации возникавших неоднократно мыслей о роли живого вещества как особого компонента биосферы, играющего ключевую роль в эволюции земной коры. Это один из основополагающих моментов в творческой биографии Вернадского, привлекающий внимание не только ученых, но и журналистов.

Существенное место в этом разделе занимают собственные дневниковые записи, выделенные из общего текста цветом шрифта, как и другие собственные высказывания ученого. Этот прием по сути был удачным, однако чисто технически текст оказался слишком бледным и читается с напряжением.

Широко используя материалы, опубликованные в более ранних изданиях дневников Владимира Ивановича, авторы вносят в них целый ряд уточнений, связанных с новыми исследованиями. Имение Бакуниных в Горной Щели, о котором при-

водятся воспоминания баронессы Л.С.Врангель, не сохранилось. В период Гражданской войны здесь разместилась ЧК. Дача была разрушена, библиотека уничтожена. Отдельные ее следы обнаружены в фонде редких книг Таврического университета, где хранятся издания с автографом Н.С.Бакуниной.

Многие материалы об имении Батилиман, где Вернадские приобрели участок и строили свой дом, «свое гнездо», как говорил Владимир Иванович, воспроизводятся впервые. Почему возникла такая идея, становится ясно при знакомстве с приведенными документами. Это и природа, и климат, и, возможно, самое главное, дружеские и творческие контакты, что для мыслящей личности особенно необходимо.

Эти разделы представляют собой глубокое и разностороннее краеведческое исследование, публикацию новых работ и выделение логических связей между ними. В книге приведены картографические материалы имения, план участка Вернадских, первый и второй проекты дома, фотографии тропы, ведущей к их даче, сохранившиеся сегодня остатки ее каменной кладки, а также дачи первых батилиманцев В.А.Кравцова и П.Н.Милюкова. Все это сопровождается подробным описанием.

В сложный период Гражданской войны Вернадский стал сначала профессором, а затем и ректором Таврического уни-

верситета, к учреждению которого он имел самое прямое отношение. Здесь вновь самые тесные контакты с большой плеядой ученых. Неслучайно Георгий Вернадский охарактеризовал этот период как «расцвет умственной и религиозной мысли». В Таврическом университете в этот период не раз выступали известные писатели и поэты — А.Т.Аверченко, М.А.Волошин, С.Н.Сергеев-Ценский, К.А.Тренев, И.С.Шмелев и др.

Георгий и Нина Вернадские очень тепло вспоминают о Максимилиане Волошине, который «бывал у нас постоянно и часами читал свои стихи, приходило много людей его слушать».

Документально воспроизводятся и те сложности, с которыми пришлось столкнуться ректору Университета в его постоянном стремлении сохранить в период революционного террора и сам Университет, и его сотрудников, многие из которых стали впоследствии широко известными личностями. Самоуправство ревкома, создаваемых им «троек» и отдельных «солдат революции» наглядно иллюстрируются многочисленными документами из Государственного архива Автономной Республики Крым.

Последний раздел книги посвящен ученикам и последователям Владимира Ивановича, тесно контактировавшим со своим учителем в сложный, но весьма плодотворный крымский период его жизни.

Отличительной особенностью книги стал творческий подбор архивных материалов. Собственно авторский текст находится в явно подчиненном положении: он только связывает воедино то, с чем авторы сочли необходимым познакомить читателя. Сделано это весьма деликатно, но одновременно и целенаправленно. Читателю не навязывается мнение авторов, а дается возможность самому сделать выводы.

В обширных приложениях приводятся архивные материалы, не вошедшие в основной текст, но имеющие прямое отношение к крымскому периоду жизни, научной, организационной и общественной деятельности Вернадского.

Это письма отца и сына Вернадских, публицистика, хроника жизни, научной и общественной деятельности; библиография работ Владимира Ивановича и литература о его жизни в Крыму.

Все это уже для углубленного чтения, если в этом возникла потребность у вдумчивого и любознательного читателя. И, конечно, это богатый материал для тех, кто профессионально интересуется историей идей, биографией и научным творчеством нашего великого соотечественника.

Книга заканчивается словами: «Надеемся, что книга о пребывании Вернадского в Крыму поможет читателю лучше узнать этого выдающегося человека». Думается, что эту задачу авторы выполнили. ■

Математика. Физика

М.И.Каганов, Г.Я.Любарский.
АБСТРАКЦИЯ В МАТЕМАТИКЕ
И ФИЗИКЕ. М.: ФИЗМАТЛИТ,
2005. 352 с.

Книга обращена к двум категориям читателей: к тем, кто боится математики и считает, что не любит абстракций, и к тем, кто не боится абстракций

и любит математику. Таким образом, авторы ничем не ограничивают предполагаемую аудиторию. Они надеются избавить читателей от неприязни к абстракциям и познакомить с некоторыми этапами новейшей истории математики, многие из которых известны только специалистам.

Математическая часть книги представляет собой собра-

ние эпизодов по истории математики, поскольку история абстрактных понятий от нее неотделима. В ней рассказано о цепи связанных друг с другом задач и соответствующей цепи абстрактных понятий-инструментов, созданных для решения этих задач.

Главное содержание физической части — рассказ о проблемах и достижениях теорети-

ческой физики, подчеркивающей роль абстрактных понятий, которые помогают описать многообразие окружающего нас мира.

В процессе совместной работы авторы с некоторым удивлением обнаружили, что их взгляды на физику и математику не всегда совпадают. Указанное расхождение было устранено в той мере, в какой это необходимо для написания двух частей одной книги. В результате возник труд, который можно рассматривать как совместный манифест физика и математика в защиту абстракции.

Геология

А.А.Фролов, А.В.Лапин, А.В.Толстов и др. КАРБОНАТИТЫ И КИМБЕРЛИТЫ (взаимоотношения, минерагения, прогноз). М.: НИИ-Природа, 2005. 540 с.

Карбонатиты и кимберлиты — наиболее глубоко генерированные формационные типы магматитов — уникальный источник информации о составе и строении верхней мантии, о глубинных геохимических процессах, происходящих в недрах Земли. Они привлекают внимание специалистов при решении фундаментальных проблем петрологии верхней мантии.

В книге, состоящей из четырех частей, дан сравнительный анализ геологии, минералогии и особенностей размещения в пространстве и во времени карбонатитов и кимберлитов, главных производных мантийных щелочно-ультраосновных магм. В первой части приведена геологическая характеристика провинций и районов их распространения, возрастные взаимоотношения, геохронологическая позиция в истории развития земной коры. Особое внимание уделено рассмотрению структурных типов карбонати-

товых и кимберлитовых полей, а также комплексным редкометалльным и алмазонасным месторождениям.

Вторая часть книги посвящена проблеме конвергентности щелочных ультраосновных формационных типов. Часть третья охватывает перечень вопросов, связанных с сырьевой базой редких металлов и алмазов, с их геолого-промышленными и минеральными типами, масштабностью и продуктивностью рудных объектов. Четвертая часть представляет собой информационную базу данных по карбонатитовым и кимберлитовым массивам мира.

Свой труд, символически объединяющий геологов-алмазников и геологов-карбонатитников, авторы посвящают золотому юбилею столицы алмазного края — городу Мирному и 50-летию создания отечественной алмазодобывающей промышленности (2005). Эта книга — дань уважения геологам-первопроходцам, самоотверженным трудом которых более полувека назад в Якутии были открыты первые алмазонасные кимберлитовые трубки.

Археология

Е.Г.Дэвлет, М.А.Дэвлет. МИФЫ В КАМНЕ: Мир наскального искусства России. М.: Алетей, 2005. 472 с.

Интерес к памятникам первобытного творчества вполне закономерен. Это ценнейший источник наших знаний о жизни людей в те далекие бесписьменные времена, о которых мы можем составить представление только по археологическим свидетельствам. В то же время наскальные рисунки являются яркими образцами искусства прошлого, позволяющими судить о путях эволюции первобытных культур.

Наскальные изображения — наиболее общий термин, включающий в себя как рисунки, выполненные краской, так и выбитые, выгравированные, протертые, шлифованные. Термин «петроглифы» заимствован из научной литературы Запада и в строгом смысле должен означать выбитые изображения — в противоположность термину «росписи», который означает рисунки, нанесенные краской. Однако в отечественных исследованиях о наскальном искусстве четкого разграничения терминов не существует, поэтому специалисты-археологи под «наскальными рисунками», «петроглифами» и «писаницами» чаще всего понимают одни и те же объекты.

На территории России открыты и изучены многие сотни местонахождений наскальных изображений, выделены локальные очаги первобытного искусства в Сибири, на Дальнем Востоке, Урале, Кавказе. Своеобразие условно выделяемых ареалов наскального творчества коренится, в конечном счете, в специфике исторического процесса в каждом регионе, в местных физико-географических, природно-климатических, этнокультурных и других особенностях и проявляется в различии сюжетов, стиля, расположения фигур на скальной поверхности, технике нанесения изображений.

В книге дан обзор регионов наскального искусства России, описаны наиболее важные памятники от эпохи палеолита до этнографической современности. Особое внимание уделено семантическому аспекту изучения наскальных изображений, мифологическим мотивам и их сопоставлению с архаической устной традицией, а также генезису шаманизма, роли языческих культов в формировании мировых религий, прежде всего буддизма в его северном, ламаистском варианте.

Сахарная голова

Б.М.Болотовский,

доктор физико-математических наук
Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН
Москва

21 мая 1971 г. Андрею Дмитриевичу Сахарову исполнилось 50 лет. Теоретический отдел ФИАН готовился отметить эту славную годовщину.

С одной стороны, Сахаров был как бы новым сотрудником отдела. Формально он был зачислен в штат в 1969 г. Однако на самом деле он был сотрудником Теоретического отдела начиная с весны 1945 г. Тогда он впервые пришел в ФИАН — Физический институт Академии наук. В Теоретическом отделе института он провел в качестве аспиранта несколько лет, посвященных учебе и научной работе под руководством И.Е.Тамма, в окружении физиков высокой квалификации и в замечательной обстановке научного общения и творчества. Сахаров позднее говорил, что он — ученик Тамма, и не только по физике.

В те годы Андрей Дмитриевич был всецело поглощен наукой, и никто бы не мог тогда предсказать, что он станет одним из наиболее выдающихся общественных деятелей своего времени. Тамм ставил Сахарова в пример другим ученикам, когда видел, что они попусту тратят время на дела, не связанные с наукой. Об одном из таких случаев рассказал мне профессор А.А.Тяпкин.

Не помню точно, в конце 40-х годов или в самом начале 50-х на физическом факультете Московского университета состоялось несколько заседаний Ученого

совета, посвященных обсуждению теории относительности. Дело в том, что несколько высокопоставленных советских философов не признавали теорию относительности, называли ее идеалистической наукой, несовместимой с диалектическим материализмом, который в свою очередь считался мировоззрением большевистской партии. Все, что противоречило официальному учению, должно было быть отвергнуто. В действительности теория относительности не может быть ни материалистической, ни идеалистической, это физическая теория, ее можно проверить на опыте, и она может оказаться правильной или неправильной. Философы должны были это понимать. Но они развернули шумную кампанию против теории относительности и против ее создателя Альберта Эйнштейна. Одним из откликов на эту кампанию и явились заседания Ученого совета на физфаке МГУ.

На первом заседании выступил с докладом профессор Н.А.Леднев. Он высказал ряд критических возражений и изложил созданную им теорию относительности, свободную от указанных недостатков. После его выступления начались прения. Лишь немногие рискнули выступить в защиту теории относительности. Пожалуй, наиболее четко выразил свое отношение к предмету обсуждения профессор Д.Д.Иваненко. Он сказал, не побоялся: «Если Эйнштейн идеалист, пишите меня вместе с Эйнштейном».

Но немало было выступавших, которые соглашались с Ледневым и поддерживали его.

Выступил там и Алексей Тяпкин, тогда студент-выпускник Московского инженерно-физического института. В то время я не был знаком с ним. К доске вышел молодой человек и сказал примерно следующее:

— Очень прискорбно, что в середине XX в. в храме науке — МГУ — наблюдается такое мракобесие.

Тогда поднялся со своего места Леднев и обратился к председателю Ученого совета профессору А.А.Соколову:

— Арсений Александрович, прошу Вас пресечь оскорбления в адрес Ученого совета.

Соколов встал и сказал молодому человеку:

— Вы оскорбляете членов Ученого совета. Прошу вас покинуть аудиторию.

— Я ухожу, — сказал Тяпкин, — но если вы захотите изучать теорию относительности, приходите к нам в МИФИ на семинар Тамма.

И ушел.

Должен сказать, что к отдельным поступкам и высказываниям Д.Д.Иваненко и А.А.Тяпкина я отношусь отрицательно, но тут они вели себя мужественно.

Много лет спустя Тяпкин, ставший уже известным физиком, досказал мне эту историю. И.Е.Тамм, узнав о поступке своего ученика, очень встревожился. Он беспокоился за Тяпкина, разыскал его и спросил:

— Алексей Алексеевич, зачем вы лезете в политику?

Тамм никого не называл по имени, всех — на вы и по имени-отчеству.

— Я не лезу в политику, — ответил Тяпкин, — это научный вопрос! Докладчики говорят неверные вещи, а все молчат и ничего не понимают.

— Нет, они понимают, — возразил Игорь Евгеньевич, — а почему они молчат, я вам могу объяснить. Если кто-то выразит свое несогласие с невежественной критикой теории относительности, то ему могут объявить выговор по партийной линии, дать взыскание на работе и даже уволить как пособника идеалистов. У вас могут быть неприятности, а ведь вам в аспирантуру поступать. Вот не допустят к вступительным экзаменам, что тогда скажете? Не лезьте в политику, берите пример с Сахарова, он только наукой и занимается.

Эти слова теперь, спустя полвека, могут вызвать улыбку. Но что было, то было. В то время никому даже в голову не могло прийти, что Сахаров не только войдет в науку, но и станет одним из самых замечательных общественных деятелей за всю историю России.

В конце 40-х годов Сахаров вместе со своим научным руководителем Таммом уехал из Москвы в секретный институт, где проектировалось термоядерное оружие. Игорь Евгеньевич после успешного испытания первой водородной бомбы (1953) вернулся в ФИАН, а Андрей Дмитриевич провел там около 20 лет. И вернулся только в самом конце 60-х годов, причем будучи уже сложившимся общественным деятелем, автором замечательной работы «Рассуждения о прогрессе, мирном сосуществовании и интеллектуальной свободе». Собственно говоря, именно после того, как эта работа была опубликована за рубежом и произвела сенсацию, именно после этого (и за это) Сахаров и был освобожден от работы в секретном учреждении с адресом «Арзамас

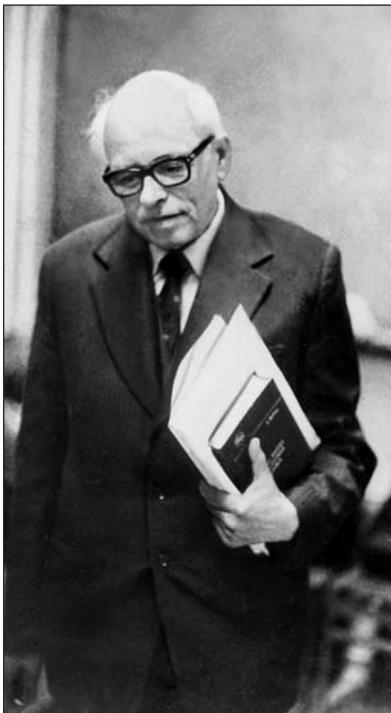
16». И тогда Андрей Дмитриевич перебрался в Москву и возвратился в Теоретический отдел ФИАН. Как могло получиться, что в одном из самых секретных институтов Советского Союза (я имею в виду «Арзамас 16»), в институте, сотрудники которого проходили самый строжайший отбор и где за ними велось самое пристальное наблюдение, как получилось, что именно в этом институте появился самый знаменитый диссидент — это вопрос для размышления.

Отношение к Сахарову со стороны официальных лиц тогда было двойственное. С одной стороны, он был создатель ядерного могущества нашей страны, Отец советской водородной бомбы, был награжден, и неоднократно, самыми высокими государственными наградами. С другой же стороны, он считал, что мировое развитие должно идти по линии сближения государственного устройства СССР и капиталистических стран, так что различия между социалистическим и капиталистическим строем будут постепенно стираться. Эта позиция Сахарова противоречила твердому убеждению всех идеологов социализма. Они утверждали, что между капитализмом и социализмом идет беспощадная борьба, которая неизбежно должна закончиться гибелью капитализма и победой социализма как более прогрессивного строя. До поры до времени точка зрения Сахарова замалчивалась, а самого Андрея Дмитриевича высокое начальство уже считало вольнодумцем и неблагонадежным человеком. Если бы какой-то другой человек, не имеющий таких заслуг перед государством, как Сахаров, высказал малую часть того, что говорил и писал Андрей Дмитриевич, то того человека давно бы уже посадили в психиатрическую лечебницу или отдали бы под суд. Но Сахарова не трогали, хотя следили за каждым его шагом. Когда он находился в инс-

титуте, перед проходной обычно стояла черная «Волга» с несколькими седоками. Они внимательно следили за людьми, которые шли через проходную. Когда из института выходил Андрей Дмитриевич, эти люди быстро садились в свою «Волгу» и оттуда смотрели, как он подходил к присланной за ним машине из гаража Академии наук. За ней брала старт «машина сопровождения». Один раз я был свидетелем удивительного происшествия. Академическая машина не пришла в положенное время. Выйдя из института, Сахаров некоторое время стоял и ждал, а «наблюдатели» терпеливо сидели в своей машине. Через некоторое время, не дождавшись, Андрей Дмитриевич пошел на ближайшую троллейбусную остановку. Чтобы не потерять его из виду, «наблюдателям» надо было ехать против движения. Так они и сделали, наплевав на все правила.

Вот такая была обстановка накануне 50-летия Андрея Дмитриевича Сахарова. Но у сотрудников Теоретического отдела никаких сомнений не возникало в том, что необходимо отметить такую замечательную дату. Андрей Дмитриевич был физик от Бога, его достижения вызывали восхищение у самых выдающихся представителей этой науки. Кроме того, он был добрым, бесстрашно правдивым и безупречно вежливым человеком. Без преувеличения можно сказать, что все сотрудники относились к нему с восхищением. Это отношение не изменилось, когда через некоторое время его начали травить во всех газетах и по радио. Много было вранья, беспочвенных обвинений и прямой клеветы, но поверить всему этому мог только тот, кто не знал лично Андрея Дмитриевича. Однако все это еще предстояло нам пережить, а весной 1971 г. мы готовились отметить юбилей Сахарова.

Было решено в честь этого события провести семинар с докладом о современном сос-



В ФИАНе*.

Фото Ю.Роста

Встречи с забытым

тоянии проблемы управляемых термоядерных реакций, или, что то же самое, проблемы мирного использования ядерной энергии. Идея управляемых термоядерных реакций была выдвинута Сахаровым и Таммом. Она получила значительное развитие в работах целой армии ученых. Это была вполне оправданная тема для юбилейного семинара. Доклад согласился сделать М.С.Рабинович, заведующий лабораторией физики плазмы и товарищ Андрея Дмитриевича по аспирантуре.

Ну, хорошо, семинар семинаром, а я хотел что-то сделать от себя, какой-то подарок приготовить Андрею Дмитриевичу к его дню рождения. Думал я, думал, и решил подарить ему сахарную голову.

Не все теперь знают, что такое сахарная голова. В старые годы расплавленный сахар заливали в специальные формы, и так он остывал и твердел. По-

лучался белоснежный слиток, по форме напоминавший артиллерийский снаряд. Этот слиток и носил название сахарной головы. Она имела форму цилиндра. Один торец цилиндра был плоский, и на него сахарную голову можно было поставить. Другой конец цилиндра имел заостренную форму. Сахарная голова, извлеченная из формы, заворачивалась в специальную плотную бумагу синего цвета, которая так и называлась — сахарная бумага.

Сахарные головы изготовлялись разной величины, весом в один пуд (16 кг), полпуда и т.д. В таком виде сахар попадал в лавки, а там лавочник рубил топором сахарную голову на куски помельче. Получался колотый сахар, он и шел в продажу.

Ну вот, решил я достать и подарить Андрею Дмитриевичу сахарную голову. Глубокого какого-то смысла моя задумка первоначально не имела, была основана на созвучиях: мол, Сахаров — это голова, вот и подарю ему сахарную голову. Но мой друг М.Л.Левин, известный радиофизик и университетский товарищ Сахарова, узнав про этот замысел, улыбнулся и посоветовал: «Ты, когда будешь ему вручать, скажи, что сахарную голову берет только топор».

Стал я искать сахарную голову. Это оказалось почти безнадежным делом. Я обошел множество продовольственных магазинов, но безуспешно. Больше частью никто даже не знал, что это такое — сахарная голова. Одна молоденькая продавщица спросила: «Сахарная голова — это что? Изображение человеческой головы, сделанное из сахара?»

Я уже стал привыкать к мысли, что план мой неосуществим: сахарная голова не поступает в продажу, и, вполне возможно, больше вообще не производится. Но в магазине «Чай» на улице Кирова мне посчастливилось встретить старого продавца, который знал, что такое сахарная голова. Он мне сказал: «В мага-

зинах вы ее не найдете. Я вам советую попытать счастья на сахаро-рафинадном заводе им.Мантулина. Там есть один знающий человек, заведующий производством Семен Моисеевич Лихно. Вы его спросите, он все знает, где и что производится».

С тех пор прошло много лет. Память могла мне изменить, но я надеюсь, что верно запомнил имя и фамилию.

Я узнал телефон сахарного завода, дозвонился до Лихно и договорился с ним о встрече. В назначенный день я пришел на завод. На проходной мне был заказан пропуск, я прошел на заводской двор и довольно легко разыскал кабинет Лихно.

Хозяин кабинета оказался коренастым, подвижным человеком в возрасте от 50 до 60 лет, деловым, любезным и общительным. Я ему рассказал о своих хождениях в поисках сахарной головы и о том, как мне посоветовали к нему обратиться.

Лихно покачал головой и сказал: «Нет, у нас на заводе сахарную голову не делают. И вообще, насколько я знаю, сейчас ни один из наших сахарных заводов в европейской части Советского Союза тоже не производит сахар в такой форме. Сейчас сахарные головы изготовляются только на нескольких сибирских заводах по заказам из арабских стран. Могу вам дать адреса этих заводов».

Я прикинул: напишу письмо на один из этих заводов, пока оно дойдет, пока заказ оформишь, пока пришлют мне по почте заказанную сахарную голову — на все это столько потребуется времени, что я не успею к юбилею. Жалко, конечно, но придется подумать о каком-то другом подарке. А Лихно спросил:

— Зачем вам нужна сахарная голова?

— Хотел сделать подарок одному человеку по случаю юбилея.

— Он уходит на пенсию?

— Нет, ему исполняется 50 лет.

* Все фото предоставлены Архивом А.Д.Сахарова

— А что, он любит пить чай с сахаром?

— Нет, его фамилия — Сахаров.

И тут Лихно меня поразил. Услышав фамилию, он сразу же спросил, пристально глядя на меня: «Тот самый Сахаров?»

И я, ни секунды не сомневаясь, что он имеет в виду именно Андрея Дмитриевича, подтвердил: «Тот самый».

Лихно с полминуты помолчал, а потом сказал: «Посидите, пожалуйста, я скоро вернусь».

После этого он встал из-за стола и вышел из кабинета.

Сидел я в одиночестве минут пять или десять. Иногда дверь приоткрывалась, то один человек, то другой заглядывали в кабинет, и, увидев, что хозяин отсутствует, прикрывали дверь. Наконец, Лихно возвратился. В руках у него была белоснежная сахарная голова весом в несколько килограммов, красиво завернутая в синюю сахарную бумагу.

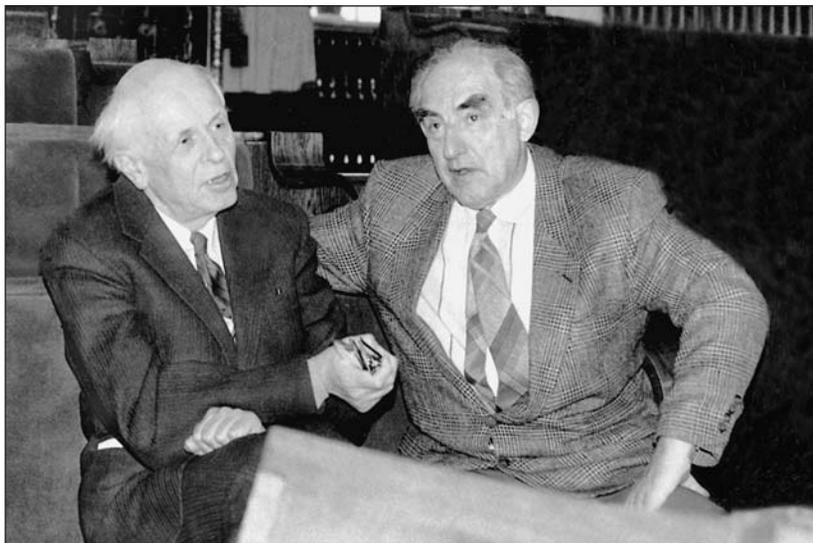
— Из музея взял, — сказал он и протянул мне это сокровище.

Я взял сахарную голову и стал кланяться и благодарить его. Я был в полном восторге. А Лихно выслушал меня и сказал: «Но я ставлю одно условие. Это будет подарок не от вас, а от меня. Вы так ему и скажите».

Я даже не успел спросить, сколько стоит эта сахарная голова.

Поразительное дело! Оказалось, что о Сахарове слышали, его знали и любили люди, далеко выходящие за круг его непосредственных знакомых и сотрудников. А ведь ни в печати, ни по радио о нем не упоминали. И позднее, когда стали о нем писать, у всех публикаций была одна общая цель — опорочить этого замечательного человека. Многие верили, но немало было и людей, которые воспринимали ложь и клевету именно как ложь и клевету, и не иначе.

Я с готовностью подтвердил, что так и скажу Андрею Дмитриевичу: подарок не от меня, а от Лихно. Удивительное дело! Я



С В.Л. Гинзбургом.

долго искал сахарную голову, а когда нашел, оказалось, что я могу ее передать не как мой подарок, а как подарок другого человека. Но это несколько не уменьшило мою радость.

Юбилейный семинар открыл старейший сотрудник Теоретического отдела Е.Л. Фейнберг. Он принимал у Сахарова кандидатские экзамены, когда тот был аспирантом отдела. Евгений Львович отметил научные достижения Сахарова, но на этом не остановился, а затронул и его общественную деятельность. Он сказал по этому поводу: «Многие согласны с тем, что говорит Андрей Дмитриевич. Многие, наоборот, безоговорочно ему возражают. Но все сходятся в том, что, высказывая свои взгляды, он не преследует никаких личных выгод».

М.С. Рабинович сделал хороший доклад о современном состоянии проблемы управляемых термоядерных реакций. Сахаров всегда с интересом и вниманием слушал докладчиков на семинаре. Столь же внимательно он слушал и Рабиновича, по ходу доклада задавал вопросы и сделал несколько замечаний.

Потом состоялось вручение приветственных адресов и подарков. Вручил и я свой пода-

рок, точнее говоря, подарок от Лихно. Я решил на семинаре ничего не рассказывать про Лихно. Наверняка среди присутствующих были осведомители, а мне не хотелось подводить человека. Я только сказал, что берут сахарные головы и побольше, мне и хотелось подарить самую большую, но вот удалось достать только маленькую. На это Сахаров сказал: «Ничего, это по заслугам».

Через несколько дней я смог рассказать Андрею Дмитриевичу историю подарка. Он внимательно выслушал, был тронут, но ничего не сказал. Я ему также объяснил, что не хотел излагать во всеуслышание историю подарка. Сахаров принял объяснение.

Прошло 16 лет. Много событий произошло в жизни Сахарова — самоотверженная правозащитная деятельность, получение Нобелевской премии мира, шумная и жестокая травля, семилетняя ссылка. В декабре 1986 г. Андрей Дмитриевич вернулся в Москву, все больше времени он тратил на общественные дела, и мы все реже видели его в институте. В середине 87-го я его спросил о судьбе сахарной головы. Он ответил: «Я ее берегу».

Теперь эта реликвия хранится в Сахаровском музее. ■

Встречи с забытыми

Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют-

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0—11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0—8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Маро́новский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 14.04.2006
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1294
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6